

08106 - 08378

08106

1. Kaiser Wilhelm Institute for Coal research. Report on the status of research. "Further development of gasoline synthesis from Carbon Monoxide and Hydrogen, especially in the field of direct synthesis from iso-paraffin. Dec. 1942. Secret". 5 pgs. text. 5 graphs. 5 tables.
2. Report on Aviation gasoline and its production. M. Pier. 25 pgs. including graphs and tables. Undated.
3. Report on resin formation and prevention in gasolines during storage and artificial aging. Referred to in colloquium. 31 Jan. 1942. 20 pgs. including some illustrations and graphs. High pressure research Lu 558 27 Jan. 1942.
4. Tables of known hydrocarbons. I. G. Farben. 1 December, 1936. 34 tables and 3 supplementary tables in folio. 4 pgs. text.
5. Gas constant tables 4th edition data based on 0°C 760mm Hg. Leunawerke 6 July, 1932.
6. Research reports on fuel structure work done at the govt. research office. Vol. III May, 1942. Munich Chemical technology institute. 112 pgs. including graphs and illustrations.
7. Assembly of 56 photos with explanation showing damage resulting from bombing attack of 28 May 1944. 18 loose pictures no explanation. Leunawerke (in the vicinity of Merseburg).

08107

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

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 !

POOR

2

08108

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 V<sub>2</sub>A - oder Sieromalstahl.

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

3

Katalysator und Katalysator ungefähr 1:1 Verhältnissen und

Von den an durch Kühlung bzw. Umsetzung der Gasolation und die de (i.a. der hydrierten suchen wurden vor stoffe Brechungen bestimmt. Die an Destillation und Zustand mit und nach der Motor-Me

Der Thoriumkatalysator

Die besten Thoriumsalzlösungen, Soda aus Nitratlösungen i.a. bis zur Alkalinität des Thoriums der Reaktionstemperatur Kontakt zunächst bei 300 bis 400° teils schräg und

Die Lebensdauern der Isosynthesen nennenswerte Veränderungen Katalysatoren, bei Bildung von Kohlenstoff wurde, konnte wieder in den ursprünglichen Zustand

Die Thoriumverbindungen. Mit Schmelzkontaktegas Umsatz.

Die Reaktionsprodukte

Die Art der Reaktionsprodukte kann aus dem Umsatz des Katalysators

POOR  
COPY

1

POOR  
COPY

3

Katalysator und Stunde. Da das Kontaktvolumen von 28 g Thoriumkatalysator ungefähr 15 cem 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 Behzine 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 Klopffestigkeit untersucht.

Der Thoriumkatalysator.

Die besten Thoriumkatalysatoren wurden durch Fällung aus Thoriumsalslösungen, zumeist durch Fällung des basischen Carbonats mit Soda aus Nitratlösungen hergestellt. Der frischgefällte Kontakt wurde i. a. bis zur Alkalifreiheit gewaschen, da geringe Menge 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 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-

4

haltdauer der Gase und Wasserstoff u. a. m. in weiten

Blatt - 1

setzung der Reaktion bei einem Druck. Die Gase, entsprechen

Die Menge der organischen Gase unterhalb 300° sinkt schnell ab. Im Gasgemisch verzweigte aliphatische Kohlenwasserstoffe nimmt die Menge mit steigendem Anteil an den flüchtigeren erreicht aber bei 450 bis 500° konstante flüssigen Kohlenwasserstoffe

Die Menge der Gase als 10% bei 375° unter den einzelnen Reaktionsprodukten. Bei

Unverzweigte Kohlenwasserstoffe völlig untergeordnet. 10% des Isobutanmalpentans betrug

Blatt - 2

in einer Stufe unterworfen. bei verschiedenen Temperaturen für die Reaktion bei 450° ausgeführt

Bei Atmosphärendruck sehr geringer. Bei 5,1 g C<sub>3</sub> + n-C<sub>4</sub> und 16,1 g flüssigen Kohlenwasserstoffe gebildet. Mit steigender anfallenden Reaktionsprodukte

wasserstoff und Kohlenwasserstoffe waren die Ausbeuten entsprechenden Druck Reaktionsrohren.

POOR COPY

1

POOR COPY

4

- 3 -

08110

haltedauer 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 flüssige, 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 C<sub>3</sub> + n-C<sub>4</sub> Kohlenwasserstoffe, 5,4 g iso-C<sub>4</sub> - Kohlenwasserstoffe und 16,1 g flüssige Kohlenwasserstoffe je Norm 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-C<sub>4</sub> Kohlenwasserstoffe und 40,5 g Benzin + Öl. Bei Verwendung von V<sub>2</sub>A-Rohren waren die Ausbeuten an flüssigen Kohlenwasserstoffen grösser als bei entsprechenden Drucken bei Verwendung von mit Kupfer ausgekleideten Reaktionsrohren.

5

Blatt -

Synthese von 45  
Ausbeuten an fl  
steigendem Druck  
enthaltdauer d  
Dieser kann mit  
Kohlenstoffbild

Bei nied  
Arbeiten in meh  
bei hohen Druck  
möglich ist. Hi  
so geringer ist

Blatt -

einem Druck von  
suches. (Th 101  
tan, Isobutan,  
denden Anteile  
sucht werden, w

Blatt -

(Th 101 a, 150  
ten Kohlenwasse  
Anilinpunkt und  
nen einzelnen F  
gebnis der Unte  
Kohlenwassersto  
erzielten Ergeb  
thenbildung (ca  
waren nur in

Kohlenwassersto  
dem bei 28° sie  
standen aus 2 -  
Dimethylpentan.  
6 - zusammenges  
der Kohlenwasse

Blatt -

bei 150 at und  
ses Versuches u  
allem durch ein  
erhöhten Gehalt  
Blatt -1).

Blatt 11

festigkeitsmess

POOR  
COPY

1

POOR  
COPY

Blatt - 3 - bringt den Einfluss des Druckes auf die bei einer Synthese von  $450^{\circ}$  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  $450^{\circ}$  ausgeführten Versuches. (Th 101 a). Die Hauptfraktion ist das bei  $-12^{\circ}$  siedende Isobutan, Isobutan, auf dessen Vorhandensein die zwischen  $-10$  und  $+5^{\circ}$  siedenden Anteile durch Behandlung mit 64%-iger Schwefelsäure stets untersucht werden, war bei diesem Versuch nicht entstanden.

Blatt - 5 - zeigt das Ergebnis einer zu demselben Versuch (Th 101 a, 150 at,  $450^{\circ}$ ) gehörenden Destillation der flüssigen hydrierten Kohlenwasserstoffe. In Blatt - 6 - sind Brechungsexponent, 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  $450^{\circ}$  erzielten Ergebnis. Er liegt im Gebiet einer stark hervortretenden Naphthenbildung (ca. 43% der flüssigen Kohlenwasserstoffe). Normalparaffine waren nur in ~~einer~~ sehr geringen Menge entstanden. Etwa 1% der flüssigen Kohlenwasserstoffe bestand aus n-Pentan. Dagegen bestanden fast 12% aus dem bei  $28^{\circ}$  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  $375^{\circ}$  durchgeführten Versuch Th 101 b. Die Produkte dieses Versuches unterscheiden sich von den bei  $450^{\circ}$  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 Klopf-  
festigkeitsmessungen nach der Motor-Methode.

6

06112

- 5 -

Die ersten sieben Benzolproben sind vor ihrer Untersuchung mit 50%-iger Chlorcalciumlösung gewaschen worden. Die Oktanzahlen liegen bei 78 bis 80 und zwar ziemlich unabhängig von den Blaugrenzen (vgl. Versuchs-Nr. 5, 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 Norm Inertfreies Ausgangsgas erhalten werden. Beim Arbeiten in zwei oder mehreren Stufen dürfte es möglich sein, die Ausbeuten weiter zu erhöhen.

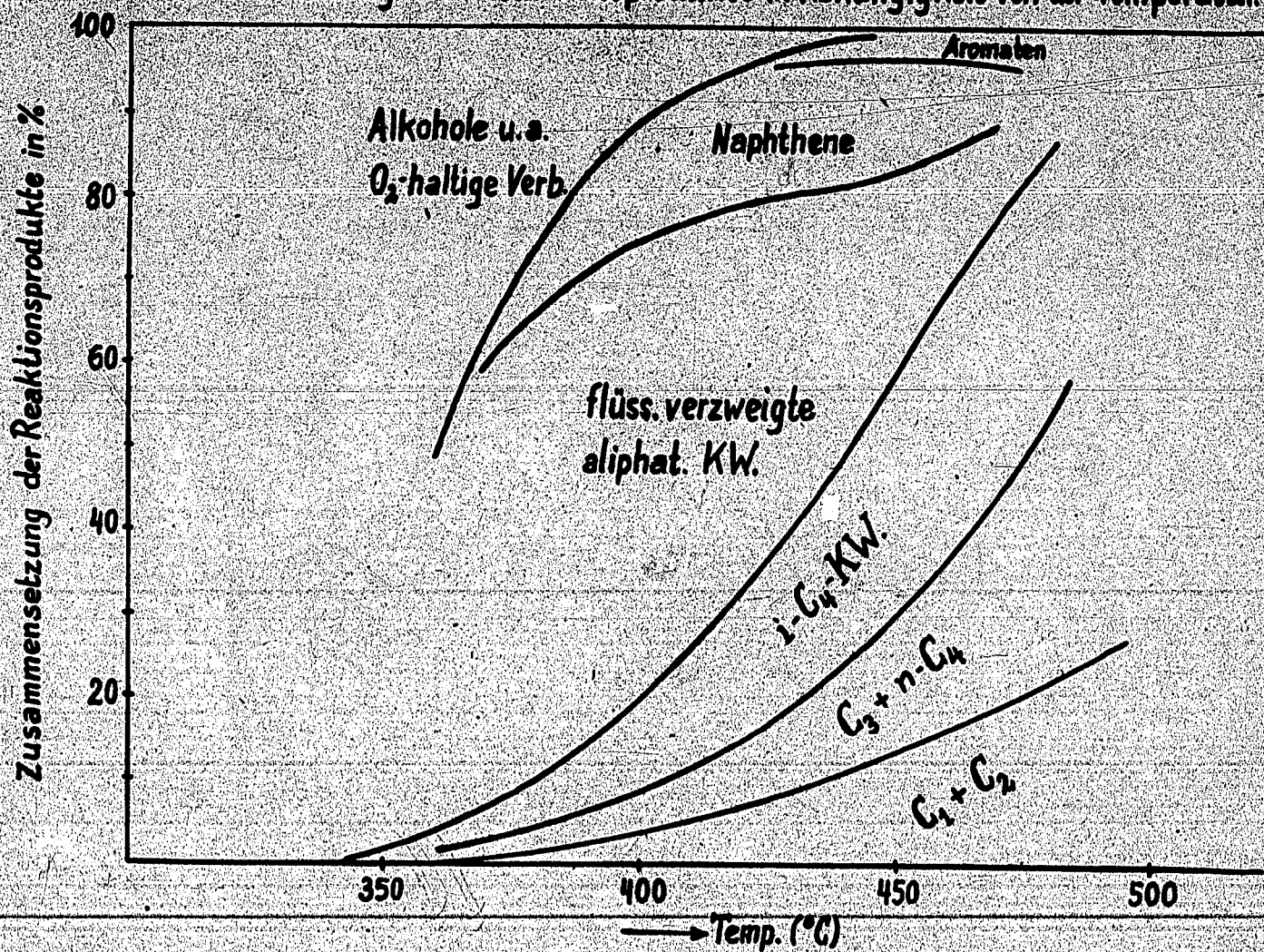
Die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte konnte durch die Wahl der Synthesebedingungen in weiten Grenzen variiert werden. So konnten beispielsweise die Ausbeuten an Isobutan von etwa 5 g je Norm, beim Arbeiten auf Höchstausbeuten an flüssigen Produkten, bis auf 50 g je Norm, bei Inkaufnahme entsprechend 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.

POOR

# Isosynthese (150 at)

Zusammensetzung der Reaktionsprodukte in Abhängigkeit von der Temperatur.



14/12  
08113

POOR COPY



Blatt - 2 -

Ausbeuten an Benzin und Gasol unter verschiedenen Versuchsbedingungen.

Versuchs-Nr.	Druck at	Temperatur °C	Material des Reaktionsrohres	Ausbeuten in g/Ncbm inertfr. Gas		
				C <sub>2</sub> +n-C <sub>4</sub>	i-C <sub>4</sub>	Benzin + Öl
Th 51	0	450	Cu	-	-	-
Th 134	6	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 143	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 <sub>2</sub> A	10,7	10,7	22,6
Th 154	150	430	V <sub>2</sub> A	7,2	13,7	56,6

08114

POOR  
COPY

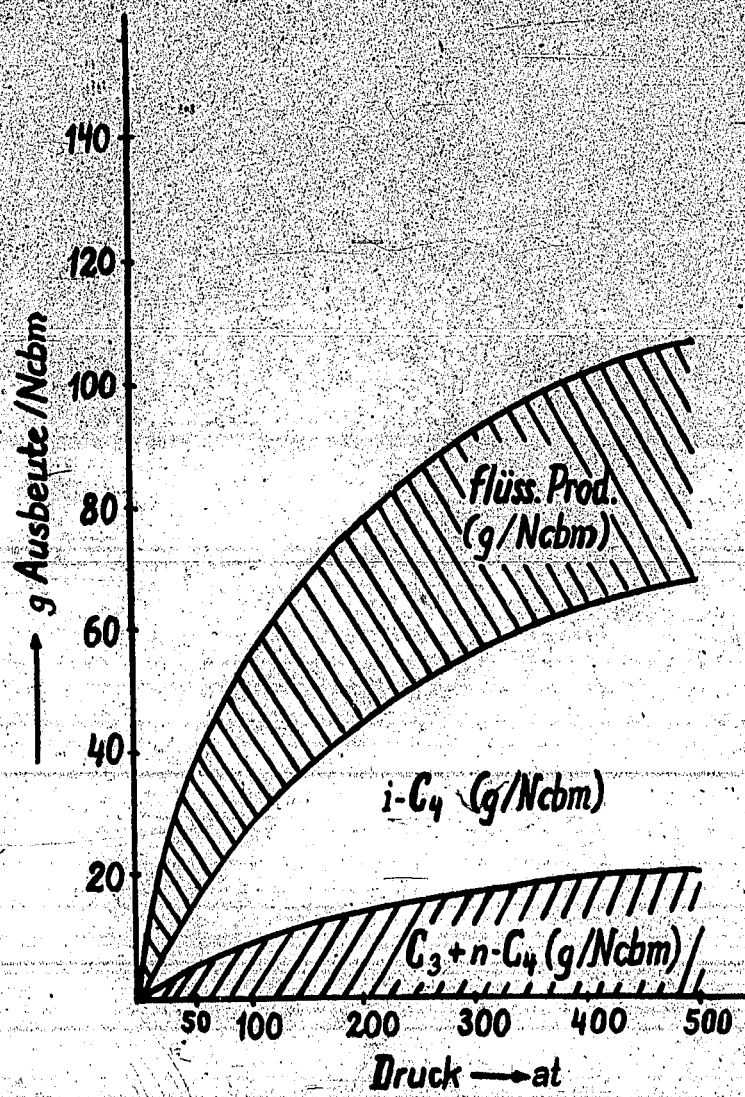
1

9

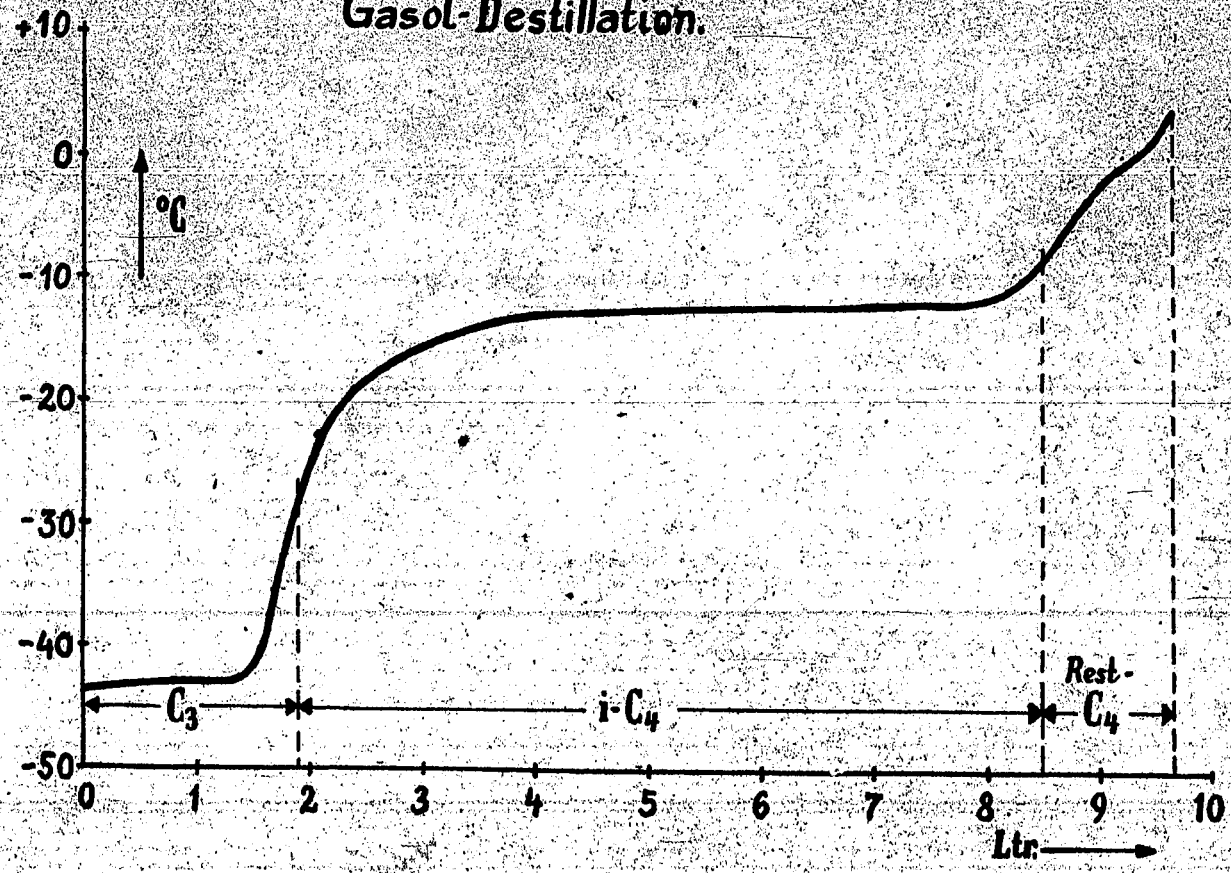
Blatt 3

08.15

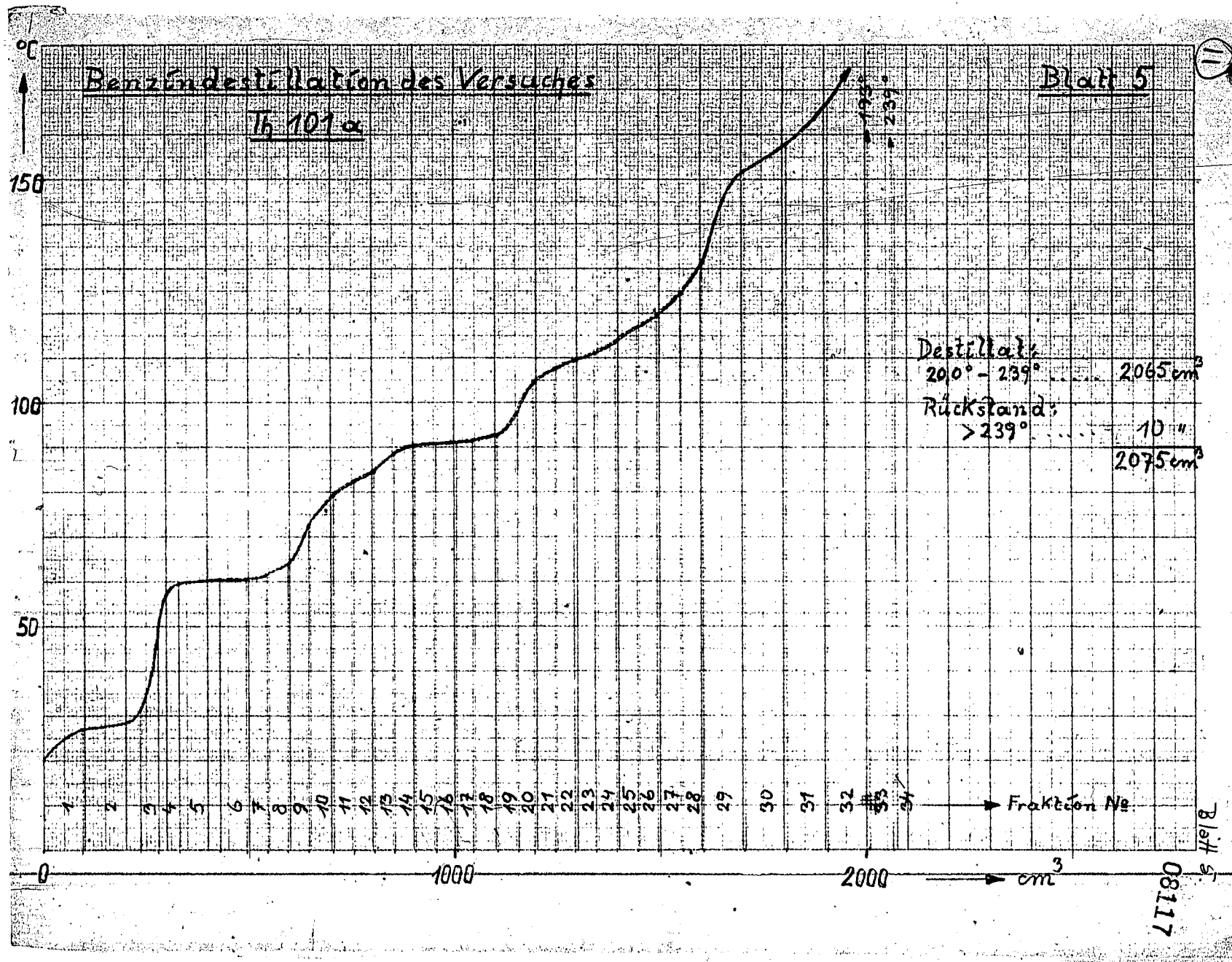
### Isosynthese (450°) Einfluss des Druckes auf die Ausbeute in einer Stufe.



# Gasol-Destillation.



Blatt 4.  
CG116



POOR  
COPY

1

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	1,3580	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	88,6-90,3	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	1,4022	0,7250	55,4	93,1	40
18	91,4-92,7	1,4041	0,7266	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	55,1	100,2	50
24	110,9-113,2	1,4118	0,7458	56,6	96,9	50
25	113,2-117,0	1,4142	0,7507	55,8	95,9	52
26	117,0-119,5	1,4182	0,7585	52,8	97,8	48
27	119,5-124,3	1,4220	0,7649	50,2	98,3	60
28	124,3-131,3	1,4269	0,7720	47,3	103,1	50
29	142 -152	1,4420	0,7940	36,6	119,1	100
30	152 -158	1,4449	0,7985	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

Unte

Siedeb.  
°C

20,0

33,0

47,8

64,0

88,5

98,0

113,0

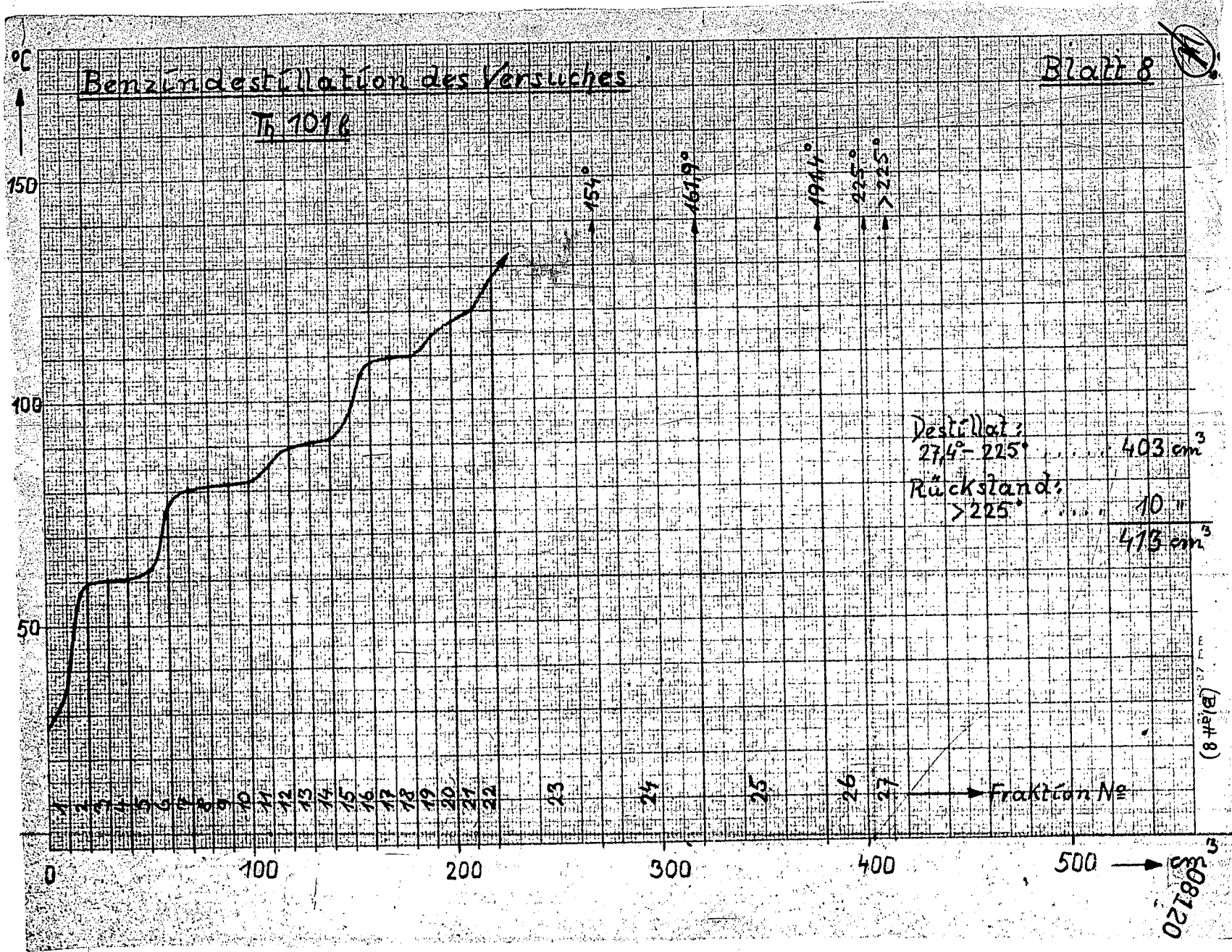
131,3

239

POOR  
COPY

1

PO  
CO



POOR  
COPY



08121

Blatt - 9 -

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	1,3893	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 - 91,4	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	62,0	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	96,6	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

POOR  
COPY

1

08122

Blatt - 10 -

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

Siedebereich °C	Verbindung	Vol% vom flüssigen Reaktionsprodukt
27,4 - 47,5	unbestimmt <sup>+) )</sup>	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 ver- zweigte Oktane	8,1
112 - 225	unbestimmt	51,3
>225	Rückstand	2,4

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



Klopffestigkeit verschiedener bei der Cso-Synthese angefallener Benzine.

Lfd. Nr.	Versuchs-Nr.	Druck at	Temp. °C	Siedebereich °C	gewaschen m. 30%iger CaCl <sub>2</sub> -Lsg.	Dampfdr.n. Reid	hydriert	Pb(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub>	M.-O.-Z.
1	Th 64	30	500	bis 150	+	0,79	-	-	79,5
2	Th lol a	150	450	" 150	+	0,54	-	-	78,0
3	Th lola	150	450-75	30-150	+	0,45	-	-	80,0
4	Th lol a	150	450-75	30-165 (Gesamt-Produkt)	+	0,42	-	-	79,5
5	Th lol a	150	450-75	70-150	+	0,16	-	-	78,8
6	Th lol 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 lol a	150	450	" 150	+	0,53	+	-	85,7
10	Th 159	150	370	" 150	+	0,41	+	-	83,0
11	Th lol a	150	450	" 150	+	0,53	+	0,08 V.%	95,0
12	Th 159	150	370	" 150	+	0,41	+	0,08 V.%	89,6
13	Th 159	150	370	" 150	-	0,75	-	-	84,5

7

2

08124

Geheim!

**Über Fliegerbenzine und ihre Herstellung**

No. 1107

- 1. Dies ist ein Staatsgeheimnis im Sinne des § 88 StGB. In der Fassung des Reichsgesetzes vom 24. 1. 34 (RGBl. I S. 341 ff.) ist es als "Geheimnis" bezeichnet, bei Verletzung als "Verbrechen" zu bestrafen.
- 2. Weiterer Vortrag unter der Aufsicht des Empfängers unter geheimerer Verfügung.

Es soll in grossen Zügen gezeigt werden, wie in Deutschland das Benzin für unsere Luftwaffe beschafft wird. Dabei soll hauptsächlich auf technische Verfahren, nur nebenbei auf Versuche und Entwicklungsarbeiten eingegangen werden. Die Ausführungen behandeln Fliegerbenzine, besonders Hochleistungskraftstoffe sowie ihre Herstellung, während Sicherheitskraftstoffe, Gasöl für Flugmotoren oder sonstige Spezialtreibstoffe nicht berücksichtigt werden.

Da Deutschland reich an Kohlen ist, aber wenig Kröl besitzt, verlief die Entwicklung der Fliegerbenzinherzeugung anders als in den Vereinigten Staaten von Amerika und in den meisten anderen Ländern, die ihre Versorgung im Wesentlichen auf das Erdöl und seine Veredelungsindustrie aufgebaut haben. In Deutschland bilden die Hydrieranlagen die Grundlage für die Fliegerbenzinherstellung. Braunkohle, Steinkohle, Teere und Öle liefern bei der Hydrierung ein Fliegerbenzin, das dem amerikanischen Fliegerbenzin vom Typ Oktanzahl 87 (mit Bleitetraäthyl) gleichwertig, in den meisten Fällen sogar überlegen ist.

Als neben den grossen Mengen dieses Fliegerbensins auch Hochleistungskraftstoff benötigt wurde, ging die Entwicklung bei uns nicht nur in Bezug auf Rohstoff und Herstellungsverfahren, sondern auch hinsichtlich der Art des Fertigproduktes ihre eigenen Wege. Ausser Isoparaffinen wurden die aromatischen Kohlenwasserstoffe ein heute unentbehrlicher Bestandteil unserer Hochleistungskraftstoffe.

Die Fliegerbenzine haben sich aus den Autobensinen entwickelt. Sie unterscheiden sich von diesen zunächst durch den niedrigeren Siedepunkt, den kleineren Dampfdruck und durch höhere Klopfestigkeit. Für die durch hohe Temperaturen stark beanspruchten Flugmotoren ist es ferner besonders wichtig, dass der Kraftstoff keine verpochenden Anteile enthält. Ausserdem müssen Fliegerbenzine gute Lagerbeständigkeit haben.

2/7/20

POOR COPY 2

POOR COPY

08125

Das heute auf der ganzen Welt gebräuchliche normale Fliegerbenzin hat nach Zusatz von höchstens 0,12 Vol.-% Bleitetraäthyl die Oktanzahl (Motormethode) etwa 87-92. Um diese Oktanzahlen bzw. die erforderlichen Motorleistungen in Überlademotor zu erreichen, ist für das Grundbenzin eine Mindestoktanzahl von etwa 72 neben guter Bleiempfindlichkeit Voraussetzung. Ein Bleitetraäthylzusatz von etwa 0,12 Vol.-% soll nicht überschritten werden, da größere Mengen im Motor durch Bleiablagerung Ventilkorrosion und Zündkerzenstörungen verursachen können. Das Bleitetraäthyl lässt sich in seiner klopfhemmenden Wirkung teilweise durch Isooktan oder Aromaten ersetzen.

In den Ölländern wird das Fliegerbenzin aus ausgesuchten Rohölen heraufdestilliert, wobei es teilweise durch Beimischung von Naturgasbenzin verbessert wird. Auf diese Weise erhält man jedoch nur beschränkte Mengen, da nur ein kleiner Teil des Rohölbensins der Grundoktanzahl (ohne Blei) von mindestens 70 oder gar 72 enthält. Betrachtet man z.B. die rumänischen Verhältnisse, so kommt auf eine Rohölförderung von rund 5,5 Millionen t eine Gesamtzerzeugung an Destillationsbenzin von etwa 800 000 t, wovon aber nur 100 000 t als Fliegerbenzin brauchbar sind. Dies ist nur ein kleiner Teil unseres Bedarfes und entspricht nur einem geringen Bruchteil der deutschen Fliegerbenzinzerzeugung. Selbst in Amerika reichen die straight-run-Benzin-Mengen nicht zur Deckung des Bedarfes an Fliegerbenzin, da die Fliegerbenzinfraction höchstens 10-15 % der wenigen geeigneten Rohöle ausmacht.

Wie in den erdölreichen Vereinigten Staaten entwickelt man am grössten Massstab zur Ausbeuzingewinnung angewandten thermischen Crackverfahren sind für die direkte Fliegerbenzinerzeugung unbrauchbar, da das erzeugte Benzin einen hohen Gehalt an Diolefinen und schlechte Bleiempfindlichkeit hat. Demgegenüber liefern die neueren katalytischen Crackverfahren gute Fliegerbenzine, die zwar auch Ungesättigte enthalten, aber nach amerikanischen Erfahrungen frei von störenden vorlagernden Diolefinen sind. So gewinnt man in den Vereinigten Staaten weitere Fliegerbenzinmengen hauptsächlich durch katalytisches Cracken, daneben aber auch durch katalytische Druckhydrierung.

Durch Fliegerbenzinempfindlichkeit bezogen auf bei der katalytischen etwa 70 % Fliegerbenzin-Tatsache kommt die Bedeutung

Das Fliegerbenzin ist das haben andere

Ausser in Italien und England. In Verfahren für Hydrierung entwickelt. ren ausgegearbeiteten gewandten B

In D wasserstoff Destillation Braunkohlen in Fliegerbenzin hydrierung verarbeitet. gebauten Hydrierung

Das ... der deutschen Luftwaffe ...

POOR COPY 2

POOR COPY

Durch das katalytische Kracken von Erdölmittelöl werden Fliegerbensine mit der hohen Oktanzahl von 77-80 und guter Bleiempfindlichkeit gewonnen, jedoch nur in einer Ausbeute von 10-20% bezogen auf Rohöl. Demgegenüber ist die Ausnutzung des Rohstoffes bei der katalytischen Druckhydrierung, bei der auf Rohöl bezogen etwa 70 % Fliegerbenzin anfallen, wesentlich günstiger. Dieser Tatsache kommt besonders in Öl-armen Ländern eine ausschlaggebende Bedeutung zu.

Das älteste technisch angewandte katalytische Krackverfahren ist das Aluminiumchlorid-Verfahren. Eine größere Verbreitung haben andere Verfahren mit Bleicherden als Kontakt gefunden.

Ausser in Amerika finden sich katalytische Krackanlagen in Italien und im unbesetzten Frankreich, vielleicht auch in England. In Deutschland wird das Verfahren teils als selbständiges Verfahren für die Ölindustrie, teils in Zusammenhang mit der Hydrierung, mit der es sich in günstiger Weise verbinden lässt, entwickelt. Unter anderem wurden von uns synthetische Katalysatoren ausgearbeitet, die eine höhere Aktivität als die bisher angewandten Bleicherden haben.

In Deutschland müssen die verschiedensten Rohstoffe vom wasserstoffreichen und wasserstoffarmen Erdöl über Erdöldestillations- und Krackrückstände, Schieferöl, Braunkohle und Braunkohlenteer, Steinkohle und Steinkohlenteer, bis zum Pech, in Fliegerbenzin übergeführt werden. Nur die katalytische Druckhydrierung ist geeignet, diese Rohstoffe mit hoher Ausbeute zu verarbeiten. Die für die Erzeugung von Autobenzin und Dieselöl gebauten Hydrieranlagen konnten, als es nötig war, sofort weitgehend auf die Herstellung von Fliegerbenzin umgestellt werden.

Das erste Druckhydrierungsflugbenzin wurde von Leuna schon 1920 von der Deutschen Luftwaffe geliefert. In Zusammenarbeit mit der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) wurde dieses Leuna-Flugbenzin weiter entwickelt. Mitte 1933 bekundete das Reichsluftfahrtministerium sein Interesse an der Erzeugung von Leuna-Flugbenzin, das seit 1936 einen erheblichen Anteil der Leuna-Produktion ausmacht. In Zusammenarbeit mit dem ALM und der Ludwigshafener Versuchsabteilung wurde allmählich das Braunkohlen-

benzin von Typmäßig anfangs als VT 702 ge wurde im Herbst grostechnisch stellen, insb ausbau, im ge Fliegerbenzin zusetzen.

Heute zu über 90 % Braunkohle, i hauptsächlich Rohöl und Ste Kohle auch ru aus Braunkohl Anlagen sind

Bei Um Hochdruckkamm von Öl statt Mehrfache, wa Kriegsereigni ffügbar werden Tanklager etc worden. Anli bei den Fertl nehstef. und Dieselöl, Sch kraftstoffe i von Bedeutung hydrieranlage

Dieser am Sumpfy un es auch l Mittelöl alle

POOR  
COPY

2

POOR  
COPY

- 4 -

benzin von Typ Oktanzahl 87 mehr und mehr verbessert, das erstmalig anfangs 1937 aus der Versuchsanlage in Ludwigshafen/Oppau als VT 702 geliefert wurde. Die Produktion dieses Kraftstoffes wurde im Herbst 1937 von Leuna aufgenommen. Diese gründliche grosstechnische Erprobung ermöglichte es den Vierjahresplanstellen, insbesondere dem jetzigen Reichsamt für Wirtschaftsausbau, im gegebenen Augenblick die Hydrieranlagen für die Fliegerbenzinerzeugung aus Braunkohle, Steinkohle und Erdöl einzusetzen.

Heute stammt das in Deutschland erzeugte Fliegerbenzin zu über 90 % aus den Hydrieranlagen. Dabei ist in einer Anlage Braunkohle, in zwei Hydrierwerken Steinkohle, in einem Peoh der hauptsächlichste Rohstoff, während in einer weiteren Anlage Rohöl und Steinkohle hydriert werden. Zur Zeit wird dort neben Kohle auch rumänisches Rohöl auf Fliegerbenzin verarbeitet. Auch aus Braunkohlenteer wurde schon Fliegerbenzin gemacht. Weitere Anlagen sind beim Anfahren oder im Bau.

Bei Umstellung von einem Rohstoff auf den anderen bleiben Hochdruckkammern und Wasserstoffanlage unverändert; durch Einsatz von Öl statt Kohle steigt die erreichbare Produktion auf das Mehrfache, was von grosser Bedeutung werden kann, wenn durch die Kriegsereignisse grössere Mengen Rohöl, z.B. aus Russland, verfügbar werden. Allerdings müssen Zusatzbetriebe, Destillationen, Tanklager etc., der erhöhten Treibstoffproduktion angepasst werden. Ähnliche Vielseitigkeit wie bei den Rohstoffen besteht bei den Fertigprodukten. Mit gewissen Einschränkungen, die durch Rohstoff- und Verfahren gegeben sind, lassen sich neben Fliegerbenzin, Dieselöl, Schmieröl, Autobenzin, Flugbenzin und auch Hochleistungskraftstoffe in der gleichen Anlage erzeugen. So war es neuerdings von Bedeutung, in den für die Benzingerwinnung gebauten Steinkohlehydrieranlagen auch Heizöl herstellen zu können.

Die flüchtigen bzw. hochsiedenden Rohstoffe werden zunächst in der Sumpfphase mit reinverteiltem Katalysator mit Wasserstoff umgesetzt, wobei als flüssige Produkte Benzin und Mittelöl allein oder daneben auch Schweröl gewonnen werden.

Für die  
die Mittelöl-  
tem Katalysa-  
fürige Kohle-  
benzin haupt-  
stoffes ist  
Kracken die  
Schwerbenzin-  
so leicht aus-  
Öle, die durch  
können durch  
oder ersetzt

Die Er-  
werden durch  
den Druck, die  
Wasserstoff-  
die Katalysa-  
Verarbeitung  
den Sumpfphas-  
zum Ausdruck

POOR  
COPY

2

POOR  
COPY

Für die Fliegerbenzinherstellung werden anschliessend die Mittelöle in der Gasphase mit Wasserstoff über festangeordneten Katalysator verarbeitet. Ausser dem Benzin entstehen nur gasförmige Kohlenwasserstoffe und zwar neben 80 Gewichts-% Fliegerbenzin hauptsächlich Flüssiggas. Diese hohe Ausnutzung des Rohstoffes ist dadurch möglich, dass im Gegensatz zum katalytischen Kracken die in einem Durchgang nicht gespaltenen Mittelöl- und Schwerbenzintanteile in den Prozess zurückgeführt werden und ebenso leicht aufzuarbeiten sind wie die Ausgangsöle. Auch die Mittelöle, die durch das katalytische Kracken nicht gespalten werden, können durch Hydrierung leicht zu Fliegerbenzinen verarbeitet oder erneut für das katalytische Kracken brauchbar gemacht werden.

Die Eigenschaften der in der Gasphase gewonnenen Produkte werden durch die Wahl der Arbeitsbedingungen, unter anderem durch den Druck, der technisch bis zu 700 atm beträgt, durch den Wasserstoffpartialdruck, die Temperatur und insbesondere durch die Katalysatoren beeinflusst. Doch kommt bei gleichartiger Verarbeitung in den Gasphasenprodukten, wenn auch weniger als in den Sumpffhasenprodukten auch noch die Abhängigkeit vom Rohstoff zum Ausdruck.

Ausgangsstoffe	Erdöl germanisch bassisch	Schwebel bassisch	Braun- kohlen- teer	Braun- kohle	Stein- kohle	Stein- kohlen- teer	Gasöl- krack- rückst.
Kisowerte							
Anteil bis 100°	39	30	39	30	05	57	05
Endpunkt	149	140	137	130	134	150	100
Z. B. m. & bei 3. 19							
Naphthen	30	40	30	30	42	32	30
Aromaten	5	7	10	10	5	0	10
C. p. f. & p. H.							
	38	10	38	38	86	31	33

A. 1. 1. 1. 1. 1.

Allge  
stoffarme R  
klopfstere  
alle in den  
nisch-naphth  
über 87 (ver  
sich durch k

So g  
Maassnahmen d  
Rohstoffen,  
benzine zu v  
mit Schwefel  
genannt. So  
Fliegerbenzin  
niedrig abge  
werden, wobei  
77 beträgt.

In d  
wert von Fl  
Abbildung 2  
weise herge  
haben müsse  
werden.

Allgemein geben, wie aus Abbildung 1 hervorgeht, wasserstoffarme Rohstoffe, z.B. Steinkohle und Gasölcrackrückstand klopffestere Benzine als wasserstoffreiche, wenn auch praktisch alle in den Hydrieranlagen verarbeiteten Rohstoffe gute paraffinisch-naphthenische, aromatenarme Fliegerbenzine mit Oktanzahl über 87 (verbleit) nach der CFR-Motormethode geben. Sie zeichnen sich durch hohe Reinheit und gute Bleiemfindlichkeit aus.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, durch zusätzliche Maßnahmen die Qualität besonders der aus wasserstoffreichen Rohstoffen, wie Erdöl oder Braunkohlenteer, gewonnenen Fliegerbenzine zu verbessern. Hier seien die Extraktionsverfahren, z.B. mit Schwefeldioxyd, oder Zusätze von Aromaten oder Isoparaffinen genannt. So wird in einigen Ländern neben dem 87er Benzin ein Fliegerbenzin mit Oktanzahlen von 90-95 dadurch hergestellt, dass niedrig abgeschnittene Benzine mit extrahierten Aromaten gemischt werden, wobei die Oktanzahl des unverbleiten Grundbenzins etwa 77 beträgt.

In der Technik verbessert man heute allgemein den Klopfwert von Fliegerbenzinen durch Erniedrigung des Siedepunktes. Abbildung 2 zeigt z.B., welchen Siedepunkt die in gleicher Weise hergestellten Benzine aus den verschiedenen Rohstoffen haben müssen, damit Fliegerbenzine gleicher Oktanzahl erhalten werden.

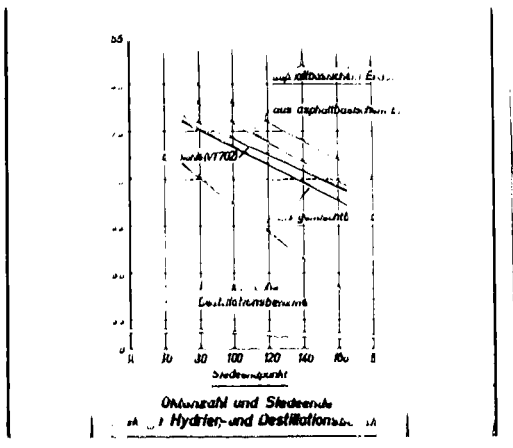


Abbildung 2.

Die die 87er K höhere Lei dere der W Anwendung katalytiso Isoparaffi Qualität d mit Oktanz Isoparaffi Aromaten, einzelne A

In kommen, in etwa 15 % druck nich nen leicht Flugbenzin benzinen i bedingunge daraus, da phasekatal der Produk

Das Deutsches aus Kohlen ter flüssig Das Altes Gas, vorz ehare zu C reines Isc liegen, w in Olefine mit etüch neben wurd Chlorierun

POOR COPY

2

POOR COPY

Die ständige Entwicklung der Flugmotoren erfordert über die 87er Kraftstoffe hinaus klopffestere Treibstoffe, die noch höhere Leistungen ergeben. Um dies zu erreichen, wird insbesondere der Weg verfolgt, durch Änderung der Arbeitsbedingungen und Anwendung neuer Katalysatoren die Druckhydrierung und das katalytische Cracken so zu leiten, dass Benzine mit höherem Isoparaffingehalt gewonnen werden. Zur weiteren Steigerung der Qualität der Fliegerbenzine kommen besonders klopfbeste Zusätze mit Oktanzahlen von etwa 100 in Betracht, wie stark verzweigte Isoparaffine, Isopentan, Neohexan und vor allem Isooktan und Aromaten, wie z. B. technische Gemische von Benzolhomologen oder einzelne Aromaten, wie Diäthylbenzol.

In den Erdölländern wird Isopentan aus natürlichen Vorkommen, insbesondere aus Erdgas technisch gewonnen und bis zu etwa 15 % dem Flugbenzin zugesetzt. Damit hierdurch der Dampfdruck nicht überhöht wird, trennt man die ursprünglich vorhandenen leichten Anteile bis zum n-Pentan durch Destillation aus dem Flugbenzin ab. Bei den durch Gasphasehydrierung gewonnenen Flugbenzinen ist dies nicht erforderlich, da sie je nach den Arbeitsbedingungen zu etwa 65-90 % aus Isopentan bestehen. Man erreicht daraus, dass die bei der Hochdruckhydrierung angewendeten Gasphasekatalysatoren die Eigenschaft haben, im Paraffinischen Anteil der Produkte vorzugsweise stark verzweigte Isoparaffine zu liefern.

Das Isooktan wird in den Östlichen Ländern aus den bei der Erdgasindustrie in grossen Mengen anfallenden Krackgasen, in Deutschland aus den Hydrierabgasen oder auch unter hohem Druck aus Kohlenoxyd-wasserstoff gewonnen. Die Synthese stark verzweigter flüssiger Paraffine geschieht nach verschiedenen Verfahren. Das älteste ist die Polymerisation. Hierbei werden olefinische Gase, vorzugsweise Isobutylen, mittels Schwefelsäure oder Phosphorsäure zu dem Diäther polymerisiert, das nach Aufhydrierung fast reines Isooktan liefert. Soweit als Ausgangsstoff nur Butane vorliegen, wie bei den Hydrierabgasen, müssen sie durch Isomerisierung in Olefine umgewandelt werden. Grosstechnisch wird bereits Butan mit stickigem Katalysator bei hoher Temperatur dehydriert. Daneben wurden von uns andere Wege verfolgt, so z. B. der Chlorierung der Paraffine mit anschließender Salzsäureabspaltung.

unter Olefinen  
verlieren nach  
laufend regen  
gelöst, dass  
geschleust, a  
geführt wird.

verläuft im t  
an Butylen, w  
Aus so herges  
erzeugt.

Mit de  
wird es mögli  
Ausgangsmater  
oktan fast gl

Bei der  
Kohlenwasserst  
1 Mol Isobutan  
durch Polymeri  
stoff dehydrie

Soweit  
hinreichende M  
kann das Butan  
Alumina chlor  
wird in mehre

Bei der  
Polymer  
Fast all homot  
sowohl meist  
Isobutan anwa  
die jetzt in d  
vorzuziehen. A  
lysatoren, wie  
und die aus gr  
leistungen ein  
klopfbesten Iso

POOR  
COPY

2

POOR  
COPY



unter Olefinbildung. Die Katalysatoren der Butandehydratierung verlieren nach kurzer Betriebszeit ihre Aktivität und müssen laufend regeneriert werden. Wir haben dieses Problem dadurch gelöst, dass der Katalysator durch die Reaktionszone hindurchgeschleust, ausserhalb dieser regeneriert und so im Kreislauf geführt wird. Die Reaktion:



verläuft im technischen Betrieb mit einer Ausbeute von 85-95 % an Butylen, wobei nicht umgesetztes Butan zurückgeführt wird. Aus so hergestelltem Butylen wird in mehreren Anlagen Isooktan erzeugt.

Mit der Einführung des neueren Verfahrens, der Alkylierung, wird es möglich, aus den vorhandenen Butandehydratieranlagen das Ausgangsmaterial für mehr als die doppelte Menge eines des Isooktan fast gleichwertigen Produktes zu erhalten.

Bei der Alkylierung werden Olefine mit Isoparaffinischen Kohlenwasserstoffen zusammengelagert (z.B. 1 Mol Butylen mit 1 Mol Isobutan). Zur Gewinnung der gleichen Menge Isooktan wie durch Polymerisation muss daher nur die halbe Menge Kohlenwasserstoff dehydriert werden.

Soweit Gase für die Alkylierung verwendet werden, die nicht hinreichende Mengen Isobutan im Verhältnis zu n-Butan enthalten, kann das Butan isomerisiert werden. Die Isomerisierung mit Aluminiumchlorid bzw. aluminiumchloridhaltigen Katalysatoren wird in mehreren Anlagen zur technischen Durchführung kommen.

Mit der Alkylierung sind die Hochdruckprodukte im Gegensatz zur Polymerisation geschüttelt, sodass die Hydrokohlensäure in Form all kommt. Die Alkylierung ist nicht auf Butylene beschränkt, sondern lässt sich auch z.B. aus Propylen und Isopentan bzw. Isobutan anwenden. Als Katalysator für die Alkylierung sind die jetzt in den b. finalischen Anlagen konzentrierte Schwefelsäure vorgesehen. Die Reaktion lässt sich aber auch mit anderen Katalysatoren, wie z.B. Fluorwasserstoff, ausführen. Die Oktanahlen und die aus Grund der Überladepfung sich ergebenden Ketonleistungen sind A. Folge des Gehaltes des Alkyliertes an weniger blockfesten Isoparaffinen etwas niedriger als beim Isooktan.

Die in  
läufig durch  
Überwiegenden  
gesehenen Iso  
100 000 t 87  
oktan oder 1  
in Deutschland  
richtet.

Schon  
Kohlenoxyd u  
Synthese ent  
Dehydratisie  
zwei Stellen  
weiterem Umf  
durch Polyme  
kann aber au  
Als Nebenpro  
hält man noc  
die zum Teil  
werden (Alko  
schliesslich  
te Gase erze  
ten. Auf wei  
festen Stoff  
soll hier ab

habt von Te  
Kraftstoff  
und -Forsc  
aus. die A  
leistungsh  
in grossen  
Verfüng

Die in Deutschland gewinnbaren Isooktanzmengen sind zwangsläufig durch die verfügbaren Mengen an Butan gegeben, die zum überwiegenden Teil aus den Hydrierabgasen stammen. In den vorgesehenen Isooktan- und Alkyloktananlagen werden sich auf je 100 000 t 87er Fliegerbenzin aus Steinkohle etwa 10 000 t Isooktan oder 18 000 t Alkyloktan gewinnen lassen. Zur Zeit werden in Deutschland insgesamt acht Anlagen nach diesem Verfahren errichtet.

Schon früher wurde mit der Erzeugung von Isooktan aus Kohlenoxyd und Wasserstoff - mit Hilfe der aus der Methanolsynthese entwickelten Gewinnung von Isobutylalkohol und dessen Dehydratisierung zu Isobutylene - begonnen. Das Verfahren wird an zwei Stellen technisch ausgeführt und soll demnächst noch in weiterem Umfang angewandt werden. Das Isobutylene wird bisher durch Polymerisation und Hydrierung zu Isooktan verarbeitet. kann aber auch zur Herstellung von Alkyloktan Verwendung finden. Als Nebenprodukte bei der Herstellung des Isobutylalkohols erhält man noch grössere Mengen Methanol, ferner höhere Alkohole, die zum Teil zu Leichtbenzin von der Oktanzahl 79 hydriert werden (Alkoholbenzin). Aus Kohlenoxyd-Wasserstoff können schliesslich unter besonderen Bedingungen auch direkt ungesättigte Gase erzeugt werden, die erhebliche Mengen Isobutylene enthalten. Auf weitere Wege, um durch chemische Synthese zu hochklopfesten Stoffen, auch zu Athern, Ketonen und dergl. zu gelangen, soll hier nicht näher eingegangen werden.

Die Aromaten sind auch ein Bestandteil des Hochleistungskraftstoffes, wie sich zu Zeit nicht anders, um einen erheblichen Teil unserer Flugbenzinproduktion als Hochleistungskraftstoff zu liefern. Die in der deutschen Treibstoffindustrie und -forschung seit Jahren geleistete Arbeit zeigte aber, dass auch die Aromaten einen ausgezeichneten Bestandteil von Hochleistungskraftstoffen darstellen können. Sie lassen sich schon in grossen Mengen in den vorhandenen Anlagen erzeugen und zur Verfügung stellen.

In  
von einige

POOR  
COPY

2

POOR  
COPY



liegt. In Mischung mit anderen Kohlenwasserstoffen zeigen die einzelnen Aromaten recht verschiedenes Verhalten. Wie gross die Unterschiede sein können, zeigt die Abbildung 5. Während Rein-

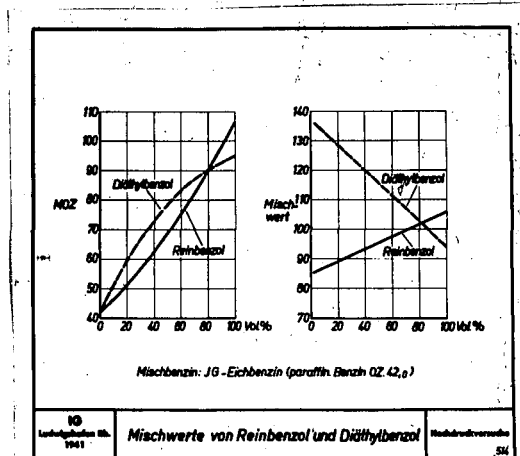


Abbildung 5.

benzol unvermischt nach seiner Motoroktanzahl besser bewertet wird als Diäthylbenzol, erscheint Diäthylbenzol nach dem errechneten Mischwert, insbesondere in kleineren Konzentrationen, wesentlich schlechter. Auch im Flugmotor ist Diäthylbenzol besser als Toluol.

Die Abhängigkeit der Motoroktanzahl von der Zusammensetzung des Kraftstoffes ist von der Art der Motorarbeiten und auch von den gebräuchlichen Betriebsbedingungen des Motors, musse man für diese Beurteilung, wenn übergehen, die Betriebsverhältnisse des Motors möglichst denen des Flugmotors in der Praxis nachahmen. Hochleistungskraftstoffe werden deshalb in der Weise geprüft, dass man bei verschiedenen Kraftstoff-Luftverhältnissen den an der kleinsten erreichbaren Ladedruck nach dem DVI-Verfahren feststellt und so ein direktes Mass für die Leistung erhält.

Die bei den Motorarbeiten der Aromaten der Benzolreihe... Verfahren wird auch bei aromatischen Benzolen angewandt da es eine zuverlässigere Methode als die Oktanzahl...

liefert. So...  
benzinen (En...  
leistungskra...  
hergestellt...  
Abbildung 6

Leichtbenzin...  
ergibt als...  
len obwohl...  
Moto. method...  
Kohlebenzin...  
benzine ist...  
reicht, all...  
von aus. Ein...

POOR COPY

2

POOR COPY

liefert. So ergab z.B. die Überlademotorprüfung von Leichtbenzinen (Endpunkt ca. 110°C), die als Komponente für Hochleistungskraftstoffe aus verschiedenen Rohstoffen technisch hergestellt werden, Widersprüche mit der Oktanzahl. Aus Abbildung 6 geht hervor, dass das vorwiegend naphthenische

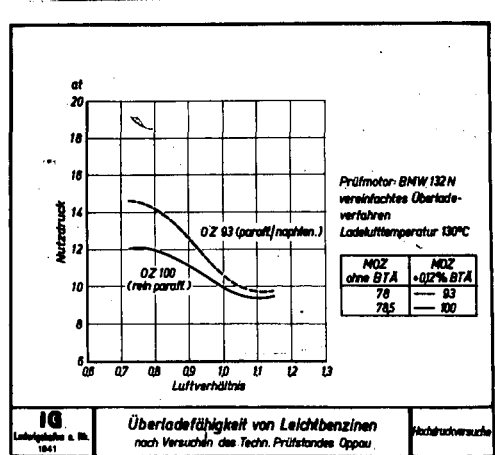


Abbildung 6.

Leichtbenzin aus Steinkohle eine höher liegende Überladekurve ergibt als das isoparaffinische Leichtbenzin aus höheren Alkoholen obwohl die Grundoktanzahl dieser beiden Benzine nach der Moto. method. die gleiche und die Bleiempfindlichkeit des Steinkohlebensins nach der Motormethode geringer als die des Alkoholbenzins ist. Das Leichtbenzin aus der Steinkohlhydrierung erreicht, alle Dinge bei etwas höherem Dampfdruck nahe die Qualität von ausländischen Hochleistungskraftstoffen Typ Oktanzahl 100.

Auch  
Bleiempfind  
im Flugmoto

dass die Br  
gehalt bei  
gebiet soga  
Brennstoffe

Die  
und o.i.i.g.e

Auch die bei der Oktanzahlbestimmung festgestellte geringe Bleiempfindlichkeit der Aromaten entspricht nicht dem Verhalten im Flugmotor. Die Prüfung im Überlademotor zeigt: (Abbildung 7)

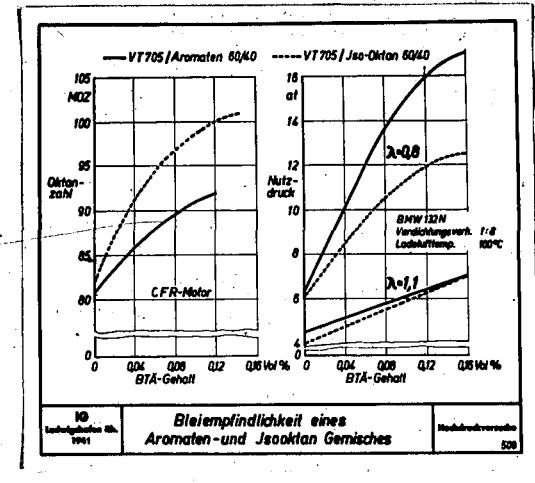


Abbildung 7.

dass die Erhöhung des Nutzdruckes mit steigendem Bleitetraäthylgehalt bei aromatenhaltigen Kraftstoffen im Brennstoffüberschussgebiet sogar wesentlich grösser ist als bei isoparaffinischen Brennstoffen.

Die Abbildung 8 gibt einen Vergleich der mit Isoktan und einigen reinen Aromaten erzielbaren Leistungen. Das höhere,

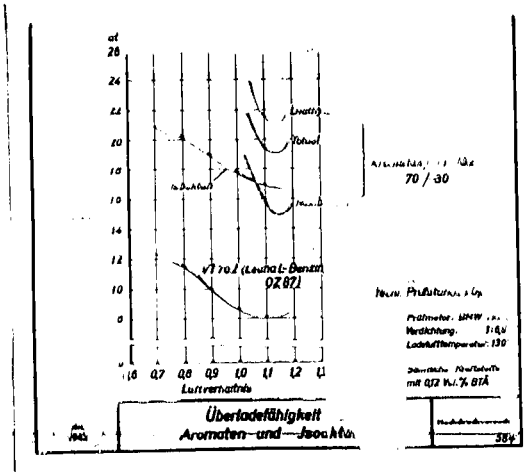


Abbildung 8.

wasserstoff  
Überladeku  
zweigung u  
wirken sich  
Monomethyl  
o-Xylol sch  
Mass steig  
den Aromat  
zahl 42) b  
und Diäthy  
Isoktan b  
gen, die h  
Auch bei L  
höheren Ar  
liegt. Die  
hergestell  
liegen nah

Sys  
Motor mit  
paraffinis  
die Gemisch  
auch bei m  
darüber ge

Die  
Anwesenheit  
empfindlich  
lich geste  
Flugmotore  
Arbeitsver  
Ausnutzung  
der Einspr  
leicht ent

wasserstoffreicheren Aromaten zeigen im Allgemeinen eine bessere Überladekurve als Benzol. Symmetrie der Substitution sowie Verzweigung und bis zu einem gewissen Grade Länge der Seitenketten wirken sich günstig aus, sodass z. B. Äthylpropyl-, Diäthylbenzol, Monäthylbenzol, p- und m-Xylol sowie Toluol besser, dagegen o-Xylol schlechter als Benzol bewertet werden. In schwächerem Masse steigt auch der Mischwert der Oktanzahl bei den höher siedenden Aromaten an, er beträgt (in Mischung 50:50 mit Benzin Oktanzahl 42) bei Benzol 96, Toluol 99, p-Xylol 101, Mesitylen 109 und Diäthylbenzol 116. Mit den Aromaten erreicht man gegenüber Isooktan bei Brennstoffüberschuss wesentlich höhere Motorleistungen, die heute praktisch noch nicht ausgenutzt werden können. Auch bei Luftüberschuss liegen die Überladekurven der meisten höheren Aromaten über dem Isooktan, während Benzol etwas darunter liegt. Die Überladekurven der Aromaten, die in den technisch hergestellten Aromatisierungs- und DHD-Bensinen enthalten sind, liegen nahezu wie die des Toluols.

Systematische Überladeversuche am BMW 132-Zinzyylinder-Motor mit verschiedenen technischen Aromaten in Mischung mit paraffinischem Benzin (Oktanzahl 42) haben gezeigt, dass auch die Gemische mit solchen höheren Aromaten sowohl bei fetter als auch bei magerer Einstellung eine Mehrleistung bis zu 20 % und darüber gegenüber der Mischung mit Reinbenzol ergeben.

Wie mit den Aromatenkohlstoffstoffen festgestellten Überladekurven zeigen, dass die Aromaten zwar eine größere Temperaturempfindlichkeit haben, dass aber die Leistung im Flugmotor erheblich gesteigert werden kann, falls es durch die Konstruktion der Flugmotoren gelingt, die Ladeluftapparatatur sowie Zylinder- und Kolbentemperatur zu senken. Andere Wege, die durch Änderung des Arbeitsverfahrens zu flacheren Überladekurven führen, z. B. Ausnutzung der zuwärtigen Ventilüberschneidung, Unterdrückung der Einspritzung oder Beeinflussung des Zündvorganges durch leicht entzündliche Zusatzstoffe, seien hier nur angedeutet.

Neben  
höhere Lite  
wenn die R  
frage, wie

Sch  
wegen ihre  
flughöhe  
stoffen au  
  
zusammen  
zusetzen  
non des  
größere  
hydrierung  
für Aromat  
die höhere  
dun, zu f  
vollmotore  
Aromaten

POOR COPY

2

POOR COPY

Neben der hohen Startleistung der Aromaten ist auch der höhere Literheizwert gegenüber den Isoparaffinen dann günstig, wenn die Raumfrage von grösserer Bedeutung ist als die Gewichtsfrage, wie z.B. bei den schnellen Jagdflugzeugen.

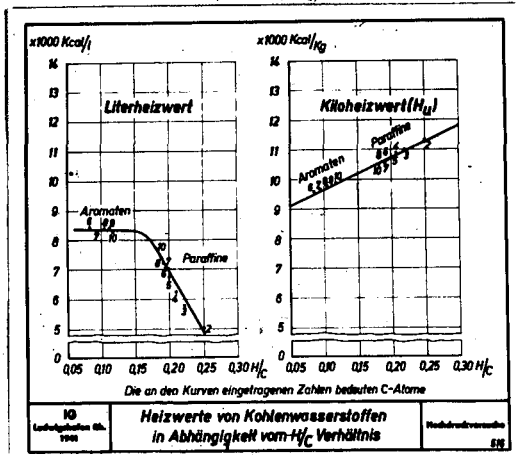


Abbildung 9.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass bei den Aromaten wegen ihres niedrigeren Wasserstoffgehaltes erst in grösserer Flughöhe Eisnebelbildung auftritt als bei den Hochleistungskraftstoffen auf paraffinischer Basis.

Es ist besonders sorgfältig zu berücksichtigen, dass ein sogenanntes Fliegerbenzol in kleiner Menge den Fliegerbenzinen aussetzen kann, ist schon lange bekannt. Auch noch höhere Fraktionen des Kohlenzols, die bei der Raffination mit Schwefelkure grössere Verluste geben, lassen sich durch katalytische Hydrierung ohne Verluste raffinieren und als Mischkomponenten für Aromatenkraftstoffe verwenden. Im Dauerbetrieb verhalten sich die höheren Aromaten günstiger als Fliegerbenzol, dessen Verwendung zu frühzeitigem Ringstecken führen kann. Prototypen in volleren mit Hochleistungskraftstoffen, die 40-50 % höhere Aromaten enthalten, verliefen einwandfrei ohne Ringstecken.

Die La  
unverbleiten  
gegen geben i  
Grund hierfür  
schon dem Ble  
ten liegen. D  
klärt ist, ka  
drängt werden

Benzol  
len in Diäthy  
äthylbenzol w  
und wird in t

Grosse  
katalytischen  
Gasphase bei  
spaltend und  
Benzine mit h  
nach Kriegsaus  
hydrieranlage  
Aromatisierun  
kohlemittelöl  
stellung des  
mittelöl bei  
führt und lie  
besserer qual  
gasphase biet  
typen. In die  
katal, tischen  
Benzine herzu

die  
ein sind, die  
mit die Extra  
die Ausente  
als bei der  
Neb apr. duko  
Butan und ins



Die Lagerfähigkeit von aromatenreichen Benzinen ist im unverbleiten Zustand gut. Verbleite aromatenreiche Benzine hingegen geben in manchen Fällen einen erhöhten Alterungstest. Der Grund hierfür dürfte in einer gegenseitigen Wechselwirkung zwischen dem Bleitetraäthyl und Spuren von Begleitstoffen der Aromaten liegen. Dieser Vorgang, der im Einzelnen noch nicht aufgeklärt ist, kann durch kleinste Mengen von Hemmstoffen zurückgedrängt werden.

Benzol lässt sich durch Anlagerung von Äthylen und Propylen in Diäthylbenzol und Äthylpropylbenzol überführen. Das Diäthylbenzol wurde von uns als Flugbenzinkomponente eingeführt und wird in technischem Ausmaß erzeugt.

Grosse Mengen an Aromaten lassen sich mittels der katalytischen Druckhydrierung erzeugen. Arbeitet man in der Gasphase bei höherer Temperatur mit Katalysatoren, die stark spaltend und nur schwach hydrierend wirken, so erhält man Benzine mit hohem Aromatengehalt. Auf diese Weise konnte bald nach Kriegsausbruch durch geringfügige Änderungen in Steinkohlhydrieranlagen die Benziniierung bei 300 atm auf die sogenannte Aromatisierung umgestellt werden. Die Aromatisierung von Steinkohlemittelöl fand an drei Stellen technische Anwendung zur Herstellung des sogenannten CV<sub>2</sub>b. Auch die Aromatisierung von Pechmittelöl bei 700 atm Druck wird in technischem Massstab durchgeführt und liefert aromatische Hochleistungskraftstoffe in noch besserer Qualität (VT 706). Das Arbeiten bei 700 atm in der Gasphase bietet die Möglichkeit der Anwendung anderer Katalysatortypen. Möglicherweise besteht auch noch die Möglichkeit, durch katalytisches Cracken bei niedrigen Drücken aromatenhaltige Benzine herzustellen.

Die Steinkohlensiebe sind von ihm am besten wie kristallin sind, oder die durch Abtrennung der wasserstoffreichen Anteile mit einer Extraktion auf niedrigem Wasserstoffgehalt gebracht wurden. Die Ausbeute an Benzin bei der Aromatisierung ist etwas niedriger als bei der normalen Druckhydrierung. Ausserdem enthalten sie als Nebenprodukte gebildeten gasförmigen Kohlenwasserstoff, weniger Butan und insbesondere weniger Isobutan, sodass die bei der

300 atm-Aromatisierung halb so gross Oktanzahl 87, die Möglichkeit eingeschränkt.

Die Herstellung der Alkylkatalysatoren ermöglicht, bei aus naphthenischen machen kann. In Arbeitsweise der Verarbeitung von nichtaromatischen des Aromatisierens

Die Dehydrierung oder weniger durchgeführt. Nicht angewandt bei der Verarbeitung von Aromaten, von Hydrogen und auch von Wasserstofffrei. Drucke als 50

Die Aromatisierung kann über die Bildung eines aromatischen Katalysators hergestellt.

Die Aromatisierung der Aromaten bei dieser Aromatisierungsproduktkatalysator von Naphthenen gas und Kerosin

POOR COPY

2

POOR COPY

08140

300 atm-Aromatisierung gewinnbaren Alkyloktanmengen nur etwa halb so gross sind wie bei der Herstellung von Flugbenzin der Oktanzahl 87. Durch Anwendung der 700 atm-Aromatisierung wird die Möglichkeit der Alkyloktanherstellung nicht ganz so stark eingeschränkt.

Die Herstellung von aromatenreichen Benzinen ohne Rückgang der Alkyloktanerzeugung wird durch Anwendung eines Verfahrens ermöglicht, bei dem man durch Dehydrierung und Cyclisierung aus naphthenischen und paraffinischen Kohlenwasserstoffen Aromaten machen kann. Diese bei uns DHD- bzw. HF-Verfahren genannte Arbeitsweise erlaubt im Gegensatz zur Aromatisierung auch die Verarbeitung wasserstoffreicherer Rohstoffe. Ausserdem sind die nichtaromatischen Anteile des DHD-Benzins klopffester als die des Aromatisierungsbenzins aus gleichem Rohstoff.

Die Dehydrierung wird bei einem Druck von etwa 50 atm oder weniger im Anschluss an die übliche Gasphasenbenziniierung durchgeführt. Sie wird für die Verarbeitung von Steinkohlebensinen angewandt, lässt sich aber auch ohne weiteres auf die Verarbeitung von Aromatisierungsbenzinen mit zu kleinem Aromatengehalt, von Hydrierbenzinen aus Braunkohle und Braunkohlenteer und auch von Erdölbenzinen anwenden. Bei der Dehydrierung von wasserstoffreichen Benzinen, wie Erdölbenzinen, sind niedrigere Drücke als 50 atm zweckmässig.

Es sind jetzt drei technische Anlagen für die Dehydrierung von Benzin im D-Grieb, welche im Bau sind. Die Anlage wird ein grosser Teil des Hochdruckbenzins auf diese Weise hergestellt werden.

Die Ausbeute bei der Dehydrierung von Benzin mit einem niedrigen Aromatengehalt des Benzins ab. Zur Zeit ist der Aromatengehalt des Fertigbenzins von 50 Vol.-% um 20% höher. Bei dieser Arbeitsweise am Katalysator geringe Mengen von Aromaten, sogenannter Koks, abzuscheiden, muss der Katalysator periodisch regeneriert werden. Bei der Umwandlung von Naphthenen in Aromaten entsteht weniger Kohlenwasserstoffgas und Koks als bei der Umwandlung von Paraffinen. Die Ausbeute...

aus den in Frage  
als Mass für die

Anilinpunkt der  
wurde. Eine bes  
naphthenische S

Vom Ausg  
wird, hängt nic  
des Benzins ab.  
höher liegt die

AM AAAAA  
AM oberfl  
und 1 1 zur DHD  
schon vorarb  
Oktanzahl von o  
mit 10% Aromat  
ein DHD Benzin,  
ben in mit Okta

POOR COPY 2

POOR COPY

08141

aus den in Frage kommenden Rohstoffen zeigt Abbildung 10, wobei als Mass für den Wasserstoffgehalt des Ausgangsmaterials der

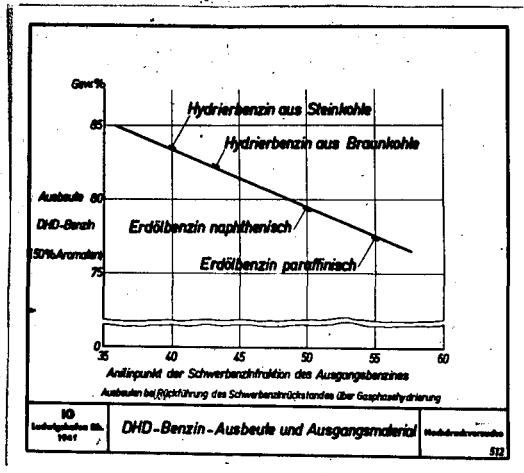


Abbildung 10.

Anliegpunkt der Schwerbenzinfraction von 90-175°C aufgetragen wurde. Eine besonders hohe Ausbeute liefert das wasserstoffarme naphthenische Steinkohlenbenzin.

Vom Ausgangsbenzin, das nach dem DHD-Verfahren verarbeitet wird, hängt nicht allein die Ausbeute, sondern auch die Qualität des Benzins ab. Je klopfester das Ausgangsmaterial ist, umso höher liegt die Leistung des Benzins im Überlademotor.

Das DHD-Benzin mit 50 Vol.-% Aromaten über dem Oktanzahl von etwas über 60 (bezogen auf die Fraktion bis 150°C mit 10% Aromaten und 50% bis 100°C siedende Anteile) geben ein DHD-Benzin, das etwa 50% Qualität hat; oktanisches Erdölbenzin mit Oktanzahl 72 bei der gleichen Fraktion erreicht fast

Das DHD-Benzin...  
Aromatengehalt...  
scheidend...  
In...  
gezeigt...  
mittel...  
51 aus Ste...

POOR COPY 2

POOR COPY

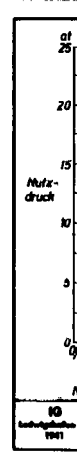


08143

erhalten, während Mittelöl aus Kokereiteer oder Pech etwas bessere Benzine liefert. Durch Benzinierung von Steinkohle-  
 verflüssigungsmittelöl erhält man paraffinisch-naphthenische  
 Fliegerbenzine. Durch Senkung des Siedepunktes wird ihre  
 Oktanzahl verbessert. Wie die Oktanzahl (mit 0,12 Vol.-% Blei-  
 tetraäthyl) von 91 bis 92 steigt, sind es ganz hervorragende  
 Fliegerbenzine vom Typ Oktanzahl 87. Durch Aromatisierung wer-  
 den Benzine mit 40-50 Vol.-% Aromaten gewonnen, die eine Grund-  
 oktanzahl nach Motormethode von 80, mit 0,12 Vol.-% Bleitetra-  
 äthyl 91 haben. Durch Benzinierung und anschließende Behand-  
 lung des Benzins nach dem DHD-Verfahren stellt man einen  
 Kraftstoff mit 50 Vol.-% Aromaten her, der eine Grundoktanzahl  
 von 84,5, nach Zusatz von 0,12 Vol.-% Bleitetraäthyl von 94,5  
 hat. Die Oktanzahl des DHD-Benzins liegt höher als bei den  
 Aromatisierungsbenzinen, da beim ersteren der nichtaromatische  
 Teil, das sogenannte Restbenzin, eine erheblich höhere Okta-  
 zahl hat. Dies ist vor allem darin begründet, dass die unteren  
 Fraktionen des DHD-Benzins isoparaffinisch sind und wenig  
 Aromaten enthalten, während die oberen fast nur aus Aromaten  
 bestehen, sodass ein weitgehend isoparaffinisches Restbenzin  
 mit einer niedrig liegenden Siedekurve vorliegt. Kraftstoffe  
 mit besonders hohem Aromatengehalt, wie sie z. B. aus Verschnel-  
 den entstehen, erhält man, wenn Aromatisierungsbenzin dehydriert  
 wird. Ein derartiger Kraftstoff mit z. B. 85 Aromaten hat  
 Grundoktanzahl 92, mit 0,12 Vol.-% Bleitetraäthyl 100.

Die unteren Fraktionen des DHD-Benzins sind isoparaffinisch und enthalten wenig Aromaten, während die oberen fast nur aus Aromaten bestehen. Dies führt zu einer hohen Oktanzahl des Restbenzins. Ein weitgehend isoparaffinisches Restbenzin mit einer niedrig liegenden Siedekurve vorliegt. Kraftstoffe mit besonders hohem Aromatengehalt, wie sie z. B. aus Verschnel- den entstehen, erhält man, wenn Aromatisierungsbenzin dehydriert wird. Ein derartiger Kraftstoff mit z. B. 85 Aromaten hat Grundoktanzahl 92, mit 0,12 Vol.-% Bleitetraäthyl 100.

Die teo  
 C<sub>3</sub> und C<sub>2</sub> sind  
 eines Aromatis  
 Ihr Aromatengoh  
 Überladekurven



POOR COPY 2

POOR COPY

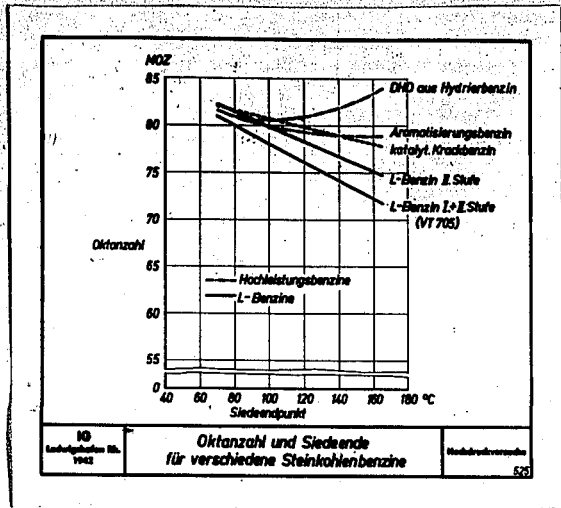


Abbildung 13.

Die technisch verwendeten Hochleistungskraftstoffe  $C_3$  und  $C_2$  sind Gemische aus 20 Vol.-% Isooktan und 80 Vol.-% eines Aromatisierungs- bzw. DHD-Benzins mit 50 Vol.-% Aromaten. Ihr Aromatengehalt beträgt also 40 %. Der Unterschied in ihren Überladekurven ist, wie die Abbildung 14 zeigt, in der Haupt-

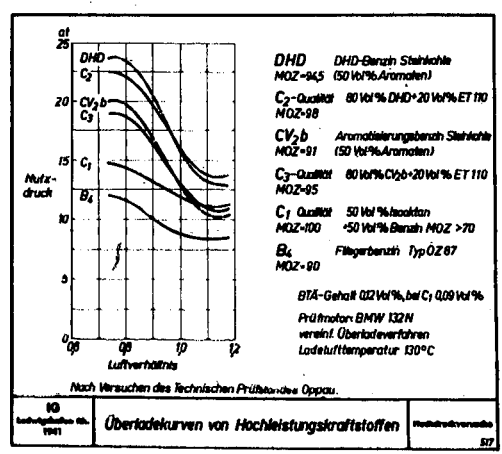


Abbildung 14.

sache auf das  
 Ein Vergleich  
 geranzinen von  
 entsprechen, ex  
 Überschussgebis  
 verhalten, gum  
 liegen. Im Bren  
 benzinen durch

Die engl  
 gehend einen is

Wie die Untersu  
 englischen Bomb  
 die Zusammenset  
 bekannten  $C_1$ -Kr  
 Isopentan) enth  
 etwas naphtheni

Diese Fe  
 kannten Tatsach  
 wie vor aus Übe  
 Kohlehydrisierung

sache auf das bessere Restbenzin im DHD-Benzin zurückzuführen. Ein Vergleich mit den vor allem in Amerika gebräuchlichen Fliegerbenzinen vom Typ Oktanzahl 100, die etwa unserem C<sub>1</sub>-Benzin entsprechen, ergibt, dass sich die Aromatenkraftstoffe im Luftüberschussgebiet zum Teil etwa wie das isoparaffinische C<sub>1</sub>-Benzin verhalten, zum Teil aber die Überladekurven mehr als 2 atm höher liegen. Im Brennstoffüberschussgebiet werden mit den Aromatenbenzinen durchweg höhere Leistungen erzielt.

Die englische Luftwaffe verwendet anscheinend auch weitgehend einen isoparaffinischen Kraftstoff von C<sub>1</sub>-Qualität.

	Benzin aus englischen Bomben		Zum Vergleich C <sub>1</sub>
	11841 Ruhrgebiet	8841 Antwerpen <sup>1)</sup>	
	Kennwerte		
SpezGewicht <sub>15°</sub>	0727	0717	0720
BTA-Gehalt <sub>101%</sub>	009	010	009
Oktanzahl - MOZ	95	100	100
	Zusammensetzung		
Paraffine <sub>101%</sub>	85	80	80
Naphthene <sub>101%</sub>	20	9	11
Aromaten <sub>101%</sub>	9	11	9
Ungesättigte <sub>101%</sub>	—	—	—

<sup>1)</sup> Vickers-Walpole-Benzin

Vergleich von Benzin aus abgeschossenen englischen Bomben

Abbildung 15.

Wie die Untersuchung von Benzin aus im Jahre 1941 abgeschossenen englischen Bombenflugzeugen - vergl. Abbildung 15 - zeigt, ist die Zusammensetzung eines dieser Benzine identisch mit der des bekannten C<sub>1</sub>-Kraftstoffes, der 50 % Isooktan (einschliesslich Isopentan) enthält, während das andere hier angeführte Benzin etwas naphthenischer ist.

Diese Feststellung steht in Übereinstimmung mit der bekannten Tatsache, dass die Treibstoffversorgung in England nach wie vor aus überseeischen Erdölgebieten erfolgt, während die Kohlehydratierung dort nur eine untergeordnete Bedeutung hat.

Zusammenfassung

In De...  
Zusatz von B...  
zeigten, aus...  
ster Ausnutz...  
lung von Aut...  
sich sofort...  
militärische...  
Dabei werden...  
winnen. Über...  
Hydrieranlage

Die O...  
Grundbenzin...  
erreicht. Um...  
Treibstoffqua...  
ern, indem...  
maten erhöht...  
kleineren Men...  
serung des G...  
baren Rohsto...  
grosser Menge...  
am schnellste

Inbes...  
leistungskraf...  
grosser Krack...  
nische Hochle...  
Grundbenzine...  
oktane (einea...  
in Deutschland...  
zeugen, so st...  
Grundbenzin...  
oktan. Dersel...  
menge aus der...  
über die Buty...  
nen werden..

POOR  
COPY

2

POOR  
COPY

Zusammenfassung:

In Deutschland wird das Fliegerbenzin (Oktanzahl 87 nach Zusatz von Bleitetraäthyl), wie die vorstehenden Ausführungen zeigten, aus Steinkohle, Braunkohle, Teeren und Ölen unter höchster Ausnutzung dieser Rohstoffe gewonnen. Die für die Herstellung von Autobenzin und Diesel gebauten Hydrieranlagen liessen sich sofort für die Fliegerbenzinerzeugung einsetzen, als die militärische Lage grosse Mengen Benzin für die Luftwaffe forderte. Dabei werden rund 90 % der Autobenzinmenge an Fliegerbenzin gewonnen. Über 90 % des deutschen Fliegerbensins stammen aus den Hydrieranlagen.

Die Oktanzahl von mindestens 87 wird durch Vermischen des Grundbensins mit Bleitetraäthyl bis zu einer Menge von 0,12 Vol.-% erreicht. Um bei gleichbleibendem Bleitetraäthylgehalt die Treibstoffqualität zu erhöhen, muss man das Grundbenzin verbessern, indem man die Konzentration an Isoparaffinen oder an Aromaten erhöht. Solche verbesserten Grundbensine geben schon mit kleineren Mengen Bleitetraäthyl gute 87er-Benzine. Zur Verbesserung des Grundbensins kommt in Anbetracht der bei uns verfügbaren Rohstoffe und Verfahren in erster Linie die Herstellung grosser Mengen an Aromatentreibstoffen in Frage, da diese sich am schnellsten und leichtesten beschaffen lassen.

Insbesondere gilt dies für die Beschaffung von Hochleistungskraftstoffen (Oktanzahl 100). In Erdölländern mit grosser Crackindustrie kann man ausreichende Mengen isoparaffinische Hochleistungskraftstoffe erzeugen, die 50 % an guten Grundbensinen und 50 % des aus den Crackgasen gewinnbaren Isooktans (einschliesslich Isopentan) enthalten. Will man dagegen in Deutschland Hochleistungskraftstoffe in grossen Mengen erzeugen, so steht zwar im Hydrierbenzin ein ausgezeichnetes Grundbenzin zur Verfügung, doch fehlt die gleiche Menge an Isooktan. Derselbst kann nur etwa 1/4 bis 1/2 der benötigten Isooktanmenge aus den Abgasen der Hydrierung und Benzinsynthese-Werke über die Butylalkoholsynthese aus Kohlenoxyd-Wasserdampf gewonnen werden.

Hochleistungskraftstoffe durch Umstellung der Hydrieranlage, was eine operative Änderung im Anschluss an die vorstehende Behandlung leicht Benzinsynthese bei in den obigen Möglichkeiten, synthetisch zu erzeugen.

Es hat sich gezeigt, dass hoch liegende Oktanzahlgebiete einen hohen Kraftstoffverbrauch bestehen aus 20 Vol.-% und 20 Vol.-% Krieg beschaffen, rücksichtiger Verfahren hat dass man damit der planenden Erzeuger auch

POOR COPY

2

POOR COPY



Hochleistungskraftstoffe mit bis zu 50 % Aromaten können durch Umstellung der bensinierenden Gasphasenhydrierung auf Aromatisierung bei 500 oder 700 atm Druck, ohne wesentliche apparative Änderungen, hergestellt werden. Ausserdem kann man im Anschluss an die normale Bensinierung durch zusätzliche dehydrierende Behandlung neben isoparaffinischen Kohlenwasserstoffen leicht Benzin mit 50 % Aromaten gewinnen. Die Aromaten sind hierbei in den oberen Fraktionen angereichert. Ausserdem besteht die Möglichkeit, besonders wertvolle Aromaten, wie Diäthylbenzol, synthetisch aus Benzol und ungesättigten Gasen herzustellen.

Es hat sich gezeigt, dass aromatenhaltige Kraftstoffe hoch liegende Überladekurven haben, die im Brennstoffüberschussgebiet einen steileren Verlauf zeigen als die von isoparaffinischen Kraftstoffen. Unsere derzeitigen Hochleistungskraftstoffe bestehen aus etwa 80 Vol. % Aromatisierungs- bzw. DHD-Benzin und 20 Vol. % Isooktan. Sie liessen sich sehr schnell für den Krieg beschaffen. Der künftige Idealkraftstoff muss unter Berücksichtigung der Weiterentwicklung der Motoren und der Verfahren zur Treibstoffherstellung noch festgelegt werden. Diese Verfahren haben sich bisher als so anpassungsfähig erwiesen, dass man damit rechnen kann, durch Zusammenarbeit der Luftwaffe, der planenden Stellen, der Motorenindustrie und der Treibstoffherzeuger auch weiterhin allen Anforderungen folgen zu können.

aus den  
Flieger  
stoffe,

POOR  
COPY

2

POOR  
COPY

08148

Nach dem Vortrag wurden charakteristische Aufnahmen aus den verschiedenen Hydrierwerken gezeigt, in denen Fliegerbenzine, insbesondere auch Hochleistungskraftstoffe, erzeugt werden.

Hochdruckversuche  
in 550

32

Über  
und  
muss

1. H. Schild

2. H. Schild

3. Weller

4. Egloff, M  
Lowry

5. Yabroff,  
Nixon, M

1988

POOR  
COPY

2

POOR  
COPY

3

Zurück an  
Vorzimmer Dir. Dr. Pier

Über die Harzbildung in Benzinen bei der Lagerung  
und künstlichen Alterung und ihre Verhinderung.

referiert in Colloquium am 31.1.42.

Literaturverzeichnis.

1. H. Schildwachter : „Über das Verhalten von Peroxyden in Benzinen hinsichtlich Harzbildung und Lagerfähigkeit“  
Brennstoffchemie 1938 Seite 117.
2. H. Schildwachter : „Beiträge zur Lagerfähigkeit von Kraftstoffen“  
Kraftstoffe 1941 Seite 117, 151, 186.
3. Weller : „Zur Frage der Lagerbeständigkeit von Kraftstoffen“  
Öl und Kohle/Eröl und Teer 13, 935 (1937).
4. Ngloff, Morrell, Lowry : Ind. Eng. Chem. 24, 1375 (1932).
5. Yabroff, Walters, Nixon, Minor : Oil Gas J. 39, Nr. 31, Seite 55 (1940)  
ref. Öl und Kohle 37, Nr. 45, Seite 932 (1941).

148851

In Benz  
verursachen  
pichung der  
bei mehr oder  
besonderer  
stimmen an  
ein Mittel  
Moment der  
Lagerung, u  
d.h. wie sei  
bei der Bewe  
in Benzinen be  
gen) begrenzt  
als Maß für  
rischen Kurs  
potential gu  
vorgebildete  
Benzinmenge  
von Luft) un  
nung des neu  
werden in ve  
wandt. Da es  
der Oxydation  
Methoden auf  
Bedingungen  
tionen, kata  
selnen auf d  
lung von Fri  
fachste Meth  
vielen (nicht  
die Lagerbest  
Bestimmung d  
Schale verble  
Einfluß der  
Hars sehr ste  
Interessant  
Glasschalen-  
durch Lagerun

POOR  
COPY

3

POOR  
COPY

08150

In Benzinen enthaltene Harze können schwere Motorstörungen verursachen, insbesondere Verstopfung der Saugleitungen, Verziehung der Ventile und Kolbenringstecken. Da sich Harze aber auch bei mehr oder weniger langen Lagern neu bilden können, ist es von besonderer Bedeutung, nicht nur den Harzgehalt eines Benzines bestimmen zu können, sondern durch eine laboratorische Kursprüfung ein Mittel in der Hand zu haben, um voraussagen zu können, wie ein im Moment der Prüfung einwandfrei erscheinendes Benzin nach längerer Lagerung, z.B. einem Jahr in Bezug auf Harzgehalt aussehen wird, d.h. wie seine Lagerfähigkeit ist. Es wird daher in allen Ländern bei der Bewertung der Benzine nicht nur die zulässige Menge des im Benzin bereits enthaltenen Harzes (vorgebildetes Harz, actual gum) begrenzt (meistens 5 mg/100 ccm), sondern darüber hinaus, als Maß für die Lagerfähigkeit, auch die sich bei einer laboratorischen Kursprüfung neu bildende Harzmenge (neugebildetes Harz, potential gum) gemessen (10-20 mg/100 ccm). Die Bestimmung des vorgebildeten Harzes geschieht durch Verdampfung einer bestimmten Benzinhmenge (100 cm) in einer Glasschale (evtl. unter Aufblasen von Luft) und Wägen der nichtflüchtigen Harze. Für die Bestimmung des neugebildeten Harzes gibt es sehr viele Vorschläge und werden in verschiedenen Ländern auch verschiedene Methoden angewandt. Da es sich bei der Harzbildung im wesentlichen um Vorgänge der Oxydation und Polymerisation handelt, beruhen sämtliche Methoden auf der Herbeiführung dieser Vorgänge unter extrem harten Bedingungen (erhöhte Temperaturen, Drucke, Sauerstoffkonzentrationen, katalytischen Einwirkungen). Ich will hier nicht im einzelnen auf die Methoden eingehen. Sie sind in einer Zusammenstellung von Frl. Dr. Henkels (175601, 4.11.40) beschrieben. Die einfachste Methode zur Bestimmung des neu gebildeten Harzes, die bei vielen (nichtverbleiten) Crackbenzinen einen guten Hinweis auf die Lagerbeständigkeit liefert, ist die sog. Cu-Schale, d.h. die Bestimmung des beim Abdampfen des Benzines in einer blanken Cu-Schale verbleibenden Harzrückstandes. Durch den katalytischen Einfluß der Cu-Oberfläche wird beim Abdampfen die Neubildung von Harz sehr stark beschleunigt und das potentielle Harz mitbestimmt. Interessant ist hierbei die Tatsache, daß durch Vergleich des Glasschalen- und Cu-Schalen-Harzes für manche Crackbenzine, die durch Lagerung zu hohen Harzgehalten angenommen haben, vorausgesagt

werden kann, ob  
gebraucht werden  
Inhibitorzusatz  
schaltest hat

In Deutsche  
d.h. der Lager  
und Blackwood  
verwendet.

7.11.40  
Forderungen sind  
Sauerstoffaufnahme  
delten Benzine  
Fällen, wo die  
Bestimmung nach

Bei der B  
Vorgänge der  
Kohlenwasserstoff  
spielt und die  
erscheint. Die  
gende, O<sub>2</sub>-Gehalt

POOR  
COPY

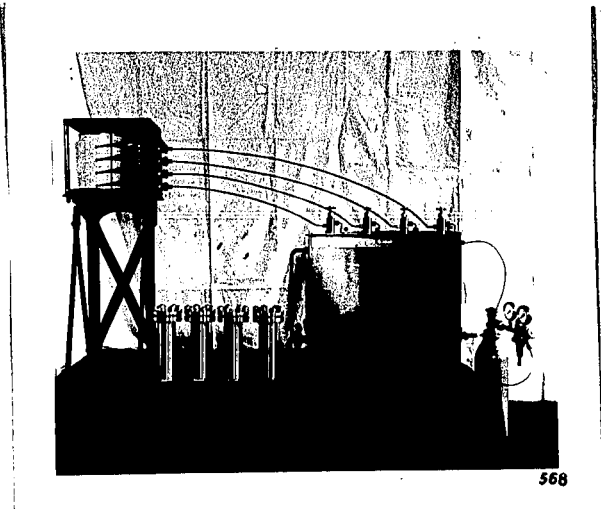
3

POOR  
COPY

werden kann, ob sie durch Zusatz von Inhibitoren wieder in Ordnung gebracht werden können oder nicht. Es hat sich nämlich gezeigt, daß Inhibitorsätze nicht mehr genügend wirksam sind, wenn der Glasschalentest höher ist als der Cu-Schalentest.

In Deutschland wird zur Bestimmung des neu gebildeten Harzes, d.h. der Lagerbeständigkeit, von Bensinen der von Hunn, Fisher und Blackwood ausgearbeitete und von Sgloff verbesserte „Bombentest“ verwendet.

Abbildung 1.



... 7 atm O<sub>2</sub>-Druck in Wasserbad 4 Stunden auf 100° erhitzt. Die Forderungen sind: es darf während 4 Stunden kein Druckabfall durch Sauerstoffaufnahme eintreten und der Glasschalentest des so behandelten Benzins darf 10 mg/100 cc nicht übersteigen. In ähnlichen Fällen, wo die Rede von künstlicher Alterung sein wird, ist die Bestimmung nach diesem „Bombentest-Verfahren“ gemeint.

Bei der Harzbildung in Bensinen handelt es sich im wesentlichen um Vorgänge der Polymerisation und Oxydation gewisser ungesättigter Kohlenwasserstoffe, wobei der Oxydationsvorgang eine besondere Rolle spielt und die reine Polymerisation von untergeordneter Bedeutung erscheint. Dieses zeigt ein verhältnismäßig hohe, ca. 13-20 % betragende, O<sub>2</sub>-Gehalt der Harze. Während der Zeit, bei der die Bildung

von größeren von organisch zuweisen. Obung in Hinsicht der einschlägig als sicher zu Kohlenwasserstoffe die sich weit hierdurch die dung kann durch oder auch geb erhöhung, Oxy Kohlenwasserstoffe wirken verschäugungsstoffe. Von den Benzindung neigen, mit konjugier die weiter verolefine verhandlungen sind n Aliphatische in wesentlich in der Kette stabilsten als Naphthenische ungünstiger a Seitenkette a

Schildw... detater, Peroc... lichen Alteru... einer Reihe v... wurden, verüf... verschiedenen... weils 3 Liter... zugegeben, da... Durch ein in... einen Silber... dierun. Um de...

von größeren Mengen beobachtet wird, ist stets die Gegenwart von organischen Säuren, Aldehyden und insbesondere Peroxyden nachzuweisen. Obwohl die genauen chemischen Vorgänge bei der Harzbildung im Einzelnen noch nicht genügend bekannt sind, wird heute in der einschlägigen Literatur auf Grund vieler Untersuchungen als sicher angenommen, daß primär aus bestimmten ungesättigten Kohlenwasserstoffen durch Autoxydation zunächst Peroxyde entstehen, die sich weiterhin in Aldehyde, Ketone, Säuren usw. umwandeln und hierdurch die Grundlage zur Harzbildung schaffen. Die Peroxydbildung kann durch verschiedene Faktoren ganz bedeutend beschleunigt oder auch gehemmt werden. Beschleunigend wirken z.B. Temperaturerhöhung, O<sub>2</sub>-Druckerhöhung, verschiedene Katalysatoren, wie z.B. Schwermetallsalze, gewisse S-Verbindungen etc.. Als Verzögerer wirken verschiedene in Benzinen enthaltene oder ihnen künstlich zugesetzte Stoffe (Inhibitoren) wie z.B. Phenole, Aminophenole etc. Von den Benzinstandteilen, die besonders leicht zur Peroxydbildung neigen, sind in erster Linie die Diolefine, insbesondere die mit konjugierten Doppelbindungen zu nennen, während Doppelbindungen, die weiter voneinander entfernt sind, sich im allgemeinen wie Monoolefine verhalten. Cyclische Diolefine mit konjugierten Doppelbindungen sind noch weniger beständig als aliphatische Diolefine. Aliphatische Monoolefine sind in geringen Konzentrationen (bis 10%) in wesentlichen stabil, jedoch ist die Stellung der Doppelbindung in der Kette von Bedeutung, wobei endständige Doppelbindungen am stabilsten sind. Isoolefine sind weniger stabil als n-Olefine. Naphthenische Monoolefine mit einer Doppelbindung im Ring sind ungünstiger als aliphatische, während die Doppelbindung in der Seitenkette sich wie eine aliphatische auswirkt.

Schildwachter hat den Einfluß bekannter, Spaltbenzinen zugesetzter, Peroxyde auf die Harzbildung bei der Lagerung und künstlichen Alterung untersucht und die Ergebnisse der Untersuchung in einer Reihe von Aufsätzen, die 1938 begonnen und 1941 abgeschlossen wurden, veröffentlicht. Die benutzten Spaltbenzine entstammen verschiedenen Rohstoffen und Fabrikationsverfahren. Es wurden jeweils 3 Liter in Glasflaschen angefüllt und solche Mengen Peroxyde zugegeben, daß in Liter Benzin etwa 100 mg O<sub>2</sub> vorhanden waren. Durch ein in Verschlussstopfen angebrachtes, gebogenes Glasrohr mit einem Silicium-Trockenrohr konnte Luft in die Flaschen diffundieren. Um den natürlichen Verhältnissen näher zu kommen, wurden

in die einzelne  
zum Vergleich  
stellt. Am Tag  
und Dioxynapht  
Sofort nach 10  
halt bestimmt

Neben dem  
Bombenalterung  
meinen bei gut  
heit gut ist.  
ständigkeit un  
tatsächlich we  
stoffe, insbes  
alterung zu se  
daß durch ent  
(7 atm O<sub>2</sub>, 70°  
stoffen Harz  
6-monatigen L

Die Ergeb  
genden Abbild

in die einzelnen Flaschen Streifen von rohem Eisenblech gegeben. Im Vergleich wurde eine Kraftstoffprobe ohne Peroxyzusatz aufgestellt. An Peroxyten wurden Cyclohexanperoxyd, Diäthylperoxyd und Diisobutylperoxyd verwendet, deren Reinheit rd. 80%ig war. Sofort nach Lösen der Peroxyde wurden Koro-, Peroxyd- und Sauerstoffgehalt bestimmt und die Untersuchungen von Zeit zu Zeit wiederholt.

Neben den Lagerversuchen wurden mit den Kraftstoffen auch Bombenalterungen durchgeführt. Hierbei zeigte sich, daß in allgemeinen bei gutem Ausfall der Alterungsprüfung auch die Lagerfähigkeit gut ist. In verschiedenen Fällen wurde aber auch die Lagerfähigkeit nach dem Bombentest viel schlechter beurteilt als sie tatsächlich war. Die Ursache liegt darin, daß für manche Kraftstoffe, insbesondere Mischkraftstoffe, die Bedingungen der Bombenalterung zu scharf sind. Weller vom Benzolverband hat nachgewiesen, daß durch entsprechende Wahl milderer Versuchsbedingungen (7 atm O<sub>2</sub>, 70°, 240 Min.) in der Bombenapparatur mit Mischkraftstoffen Messungen ermittelt werden, die weitgehend mit denen einer 6-monatigen Lagerung übereinstimmen.

Die Ergebnisse der Bombenversuche sind im Auszug in der folgenden Abbildung 2 wiedergegeben.

Abbildung 2:

Abbildung 2: Ergebnisse der Bombenversuche

Kraftstoff	Bomben I (UE 10)		Bomben II (UE 10)		E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>
	mit Zykl. Benzol	mit Zykl. Benzol	mit Zykl. Benzol	mit Zykl. Benzol		
Peroxyd	1	1	1	1	33	44
Mischung	2	2	2	2	20	12
Diäthylperoxyd	4	4	4	4	4	12
Diisobutylperoxyd	11	11	11	11	11	11
Mischung	1	1	1	1	16	11
Diäthylperoxyd	4	4	4	4	4	11
Diisobutylperoxyd	11	11	11	11	11	11

Ans ihr ge  
 1) Bei  
 Benzol be  
 2) Die  
 ebenfalls  
 bildung: I  
 dung von I  
 vorliegend  
 bereits ve  
 Bei allen  
 gen, jedes  
 wesentlich  
 3) Die  
 aber in al  
 Peroxyde u  
 große Angr  
 den Druck  
 4) Ans  
 H<sub>2</sub> geht zu  
 hältnisig  
 merisation  
 nur in ger  
 beim Lager  
 Die An  
 beschleunig  
 nahme weiter  
 den und von  
 tischen Hin  
 ten Kohlen  
 die Art der  
 spielen dem  
 damit rechn  
 ten, die zu  
 bei der Lag  
 den. Um den  
 Peroxyde fe  
 5 einer ans

Aus ihr geht hervor daß:

- 1) Der Zusatz von Peroxyden verursacht beim Abkühlen der Benzine keine wesentliche Harzbildung.
- 2) Die Bombenbehandlung der Benzine ohne Peroxydzusatz bewirkt ebenfalls in den Benzinen 1 und 2 keine sehr wesentliche Harzbildung. In Benzin 3 dagegen kann eine etwas größere Harzbildung von 24 mg festgestellt werden. Dieses Benzin, das vor der vorliegenden Untersuchung schon rund 1 Jahr gelagert hatte, wies bereits vor der Abwägung den höchsten Harz- und Peroxyidgehalt auf. Bei allen Benzinen ist zwar die Peroxydzahl beträchtlich angestiegen, jedoch anscheinend noch nicht in genügendem Maße, um eine wesentliche Harzbildung einzuleiten.
- 3) Die Änderungen der Peroxydzahl und des Harzgehaltes werden aber in allen Fällen ganz beträchtlich, sobald geringe Mengen Peroxyde zugegen sind. Mit Ausnahme von Benzin 1 macht sich die große Angriffswirkung des Sauerstoffes auf die Benzine auch durch den Druckabfall und die Verkürzung der Induktionszeit bemerkbar.
- 4) Aus der Gegenüberstellung der Bombenversuche mit  $O_2$  und mit  $H_2$  geht ferner hervor, daß die rein thermische Wirkung eine verhältnismäßig geringe ist, daß also bei der Harzbildung reine Polymerisationsreaktionen in Abwesenheit von  $O_2$ , wenn überhaupt, so nur in geringem Maße stattfinden und die Entstehung von Paraffin beim Lagern stets Anwesenheit von Sauerstoff voraussetzt.

Die Anwesenheit geringer Mengen von Peroxyden in Benzinen beschleunigt also unter den gewählten Versuchsbedingungen die Aufnahme weiterer  $O_2$ -Mengen, wodurch die Bildung von weiteren Peroxyden und von Harzen bewirkt wird. Neben unkontrollierbarer katalytischen Einflüssen ist selbstverständlich die Art der ungesättigten Kohlenwasserstoffe, ihre Fähigkeit Peroxyde zu bilden, sowie die Art der gebildeten Peroxyde ausschlaggebend. Die Peroxyde spielen demnach die Rolle von Sauerstoffüberträgern und man kann damit rechnen, daß Benzine, die solche Kohlenwasserstoffe enthalten, die zu schneller Bildung von instabilen Peroxyden fähig sind, bei der Lagerung bald den zulässigen Harzgehalt überschritten werden. Um den Einfluß der verschiedenen und in der Bombe erzeugten Peroxyde festzustellen, wurden die bombenbehandelten Benzine 2 und 3 einer anschließenden 100-tägigen Lagerung ausgesetzt. Die

Ergebnisse

Sie zeigen die Peroxydzahl Abnahme der Benzine besonders deutlich hervorgehoben hat.

Die Ab



08155

Ergebnisse sind in Abbildung 3 wiedergegeben.

Abbildung 3.

**Änderung der in der Bombe behandelten Benzine nach 200 tägiger Lagerzeit <sup>1)</sup>**

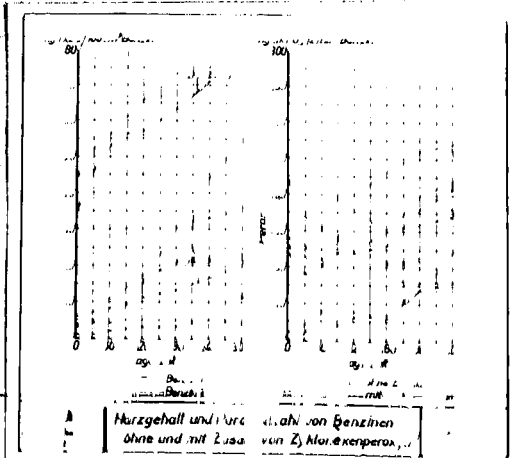
	Benzin 2		Benzin 3	
	ohne Zusatz	mit Zyklohexenperoxyd	ohne Zusatz	mit Zyklohexenperoxyd
Harz vor Alterung mg/100 ccm	1	3	35	44
nach Alterung	5	1064	59	65
desgl. nach anschließender Lagerung	21	2053	75	96
POZ vor Alterung mg akt. O <sub>2</sub> /litr.	8	112	96	176
nach Alterung	85	2179	180	338
desgl. nach anschließender Lagerung	53	3546	128	187

<sup>1)</sup> Nach Schick-Schauer 572

Sie zeigen in allen Fällen eine beträchtliche Harzunahme. Die Peroxydzahl hat teilweise zugenommen, teilweise abgenommen. Die Abnahme der POZ geschieht wohl ... Kosten der Harzbildung, was besonders dadurch erhöht wird, daß die SS in allen Fällen abgenommen hat.

Die Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Lagerversuche.

Abbildung 4.



Der Zusatz von ...  
lichen Benzinen ...  
Es wird all ...  
den der Zusatz ...  
sehr stark be ...  
Harzbildung ...  
beiden Peroxy ...  
wesentlich ...

Wollte m ...  
Schlüsse auf ...  
sagen!

1. Alle ...  
erheblichen H ...  
ist sogar meh
2. Der B ...  
einen deutlic ...  
woche, was eb
3. Bei B ...  
stornn hohen ...  
test bei der

POOR COPY 3

POOR COPY

08156

- 7 -

Der Zusatz von Zyklohexanperoxyd beeinflusst auch hier bei sämtlichen Benzinen die Harzbildung und den Anstieg der Peroxydzahl. Es wird allerdings vom Verfasser noch ein Beispiel angeführt, bei dem der Zusatz von Zyklohexanperoxyd den Anstieg der Peroxydzahl sehr stark beeinflusste (Anstieg von 80 auf 320), hingegen auf die Harzbildung nicht einwirkte (3,2 mg auf 4,8 mg). Die anderen beiden Peroxyde hatten hinsichtlich Harzbildung und POZ eine wesentlich schwächere Wirkung.

Wollte man nun aus den Ergebnissen der Alterungsversuche Schlüsse auf das Lagerverhalten der Benzine ziehen, so würde man sagen:

Abbildung 1.

Lagerversuche ohne und mit Zyklohexanperoxyd-Zusatz

Lagerdauer in Tagen	Benzin 1		Benzin 2		Benzin 3	
	Harz	POZ	Harz	POZ	Harz	POZ
	ohne Zusatz	mit Zusatz	ohne Zusatz	mit Zusatz	ohne Zusatz	mit Zusatz
0	4,0	6,0	1,0	3,8	11,2	35,4
30	4,2	7,0	1,1	5,16	10,4	46,52
60	8,0	10,4	2,2	4,32	8,8	53,56
90	-	-	1,16	0,5	9,16	11,2
120	11,0	17,32	1,44	3,15	2,4	9,8
180	13	20,24	1,20	3,31	2,6	12,0
240	22	44,64	1,60	5,33	5,6	12,8
300	18	55,64	1,76	4,36	6,4	13,6
Nach 6mon. Alterung (O <sub>2</sub> )	8	37	73	303	5	106,4
(H <sub>2</sub> )	4	18	20	154	4	29

577

1. Alle Benzine ohne Zusatz gehen beim Lagern keine sehr erheblichen Harzunahmen, was je auch zutrifft. Die Übereinstimmung ist sogar zahlenmäßig recht gut.
2. Der Zusatz von Zyklohexanperoxyd gibt bei Benzin 1 und 3 einen deutlichen, wenn auch nicht außerordentlich hohen Harzwuchs, was ebenfalls zutrifft.
3. Bei Benzin 2 mit Peroxydzusatz mußte man infolge seines abnorm hohen Harzgehaltes und der hohen Peroxydzahl beim Alterungstest bei der Lagerung schon in kürzester Zeit einen sehr hohen

Gehalt an v  
jedoch gera

Die Ve  
für diese  
sinnen sich  
Lagerverhal  
aus den vor  
Umständen d  
als die pra  
Je nach Art  
geringer Me  
Lagerung em  
schen Verh  
in der Bomb  
vorrufen, w  
viel langsa  
sehr lange  
hängen eine  
stoffe unter  
bilden und v  
dem Grad der  
noch, daß d  
ungünstiger  
das Benzin  
halt von wen  
hinaus stieg  
4 Monaten 62  
suchen).

Sind be  
Verunreinigu  
wasserstoffe  
Zerfall gebi  
wärtstreiber  
daß er nicht  
metallsalzen  
daß Spuren v  
nen nachauwe  
bildung wirk

POOR COPY 3

POOR COPY

Gehalt an verhartenden Körpern erwarten. Die Lagerversuche zeigen jedoch gerade das Gegenteil.

Die Versuchsbedingungen der Alterungsprüfung erscheinen also für dieses Benzin als viel zu scharf, während bei den anderen Benzinen sich die Ergebnisse der Kurzprüfung mit dem tatsächlichen Lagerverhalten recht gut in Einklang bringen ließen. Will man nun aus den vorliegenden Versuchen die Ursachen erklären, warum unter Umständen die Bombenbehandlung viel ungünstigere Werte liefert als die praktische Lagerung, so kommt man zu folgenden Schlüssen: Je nach Art der ungesättigten Kohlenwasserstoffe im Benzin und geringer Mengen schon vorgebildeter oder bereits nach kurzer Lagerung entstandener Peroxyde werden letztere unter den thermischen Verhältnissen und der herrschenden Sauerstoffkonzentration in der Bombe, je nach den Umständen eine erhöhte Harzbildung hervorrufen, während die Peroxyde unter den Bedingungen der Lagerung viel langsamer zu wirken beginnen und über eine verhältnismäßig sehr lange Lagerzeit sich wenig bemerkbar machen. Diese Vorgänge hängen einerseits ab von der Fähigkeit bestimmter Kohlenwasserstoffe unter den Bedingungen der normalen Lagerung Peroxyde zu bilden und von der Menge der vorhandenen Peroxyde, andererseits dem Grad der Beständigkeit der gebildeten Peroxyde. Hinzu kommt noch, daß die Bedingungen der praktischen Lagerung auch wesentlich ungünstiger sein können, als die hier gewählten. So behielt z.B. das Benzin 2 bei der Lagerung in rohen Eisenfassern einen Harzgehalt von wenigen Milligrammen während 5 Monaten bei. Hierüber hinaus stieg er in kurzer Zeit auf 15 mg an und hatte nach weiteren 4 Monaten 62 mg erreicht (gegenüber etwa 5 mg bei den Lagerversuchen).

Eine besondere Rolle spielen bei diesen Vorgängen gewisse Verunreinigungen, die nicht nur die Autoxydation bestimmter Kohlenwasserstoffe ganz erheblich beschleunigen können, sondern auch den Zerfall gebildeter oder bereits schon vorhandener Peroxyde vorwärtstreiben. Kuhn und Meyer haben z.B. an Benzaldehyd gezeigt, daß er nicht mehr autoxydabel ist, wenn keine Spuren von Schwermetallsalzen zugegen sind. Es ist ferner durch Weller nachgewiesen, daß Spuren von Kupfer- oder Eisensalzen, wie sie häufig in Benzinen nachzuweisen sind, außerordentlich beschleunigend auf die Harzbildung wirken. Schildwächter hat daher an 2 verschiedenen Benzinen

den Einfluss der Alterungsversuche untersucht. Als

Hieraus  
sonders Kupfer  
einwirken. Der  
Harzgehalt der  
ten Proben an  
gen Grenze 15  
verstärkende  
tellenalzen für  
aktiver als  
regelmäßigen  
bei Kupfer +  
eines dickfl  
waren. Die B  
ebenso. Benz  
gehalten an  
Kupfer einwir

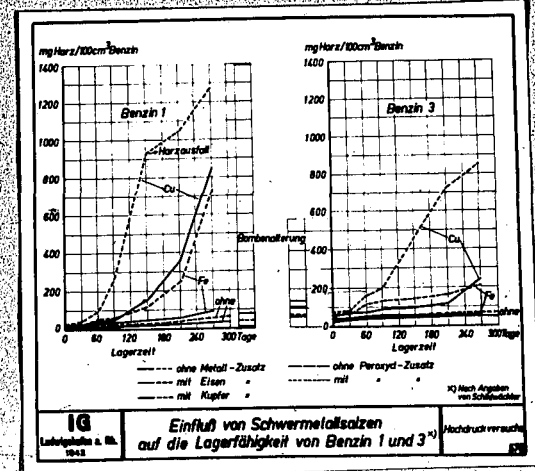
POOR  
COPY

3

POOR  
COPY

den Einfluss ganz geringer Schwermetallmengen auf das Lager- und Alterungsverhalten der Benzine bezüglich Harz- und Peroxybildung untersucht. Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse.

Abbildung 6.



Hieraus ergibt sich für Benzin 1, daß sowohl Eisen, wie besonders Kupfer außerordentlich beschleunigend auf die Harzbildung einwirken. Das Benzin ohne Zusätze ist nach 90 Tagen bezüglich Harzgehalt einwandfrei, während die mit Kupfer und Eisen versetzten Proben schon nach 30-tägiger Lagerzeit weit über der zulässigen Grenze liegende Harzgehalte aufweisen. Der außerordentlich verstärkende Einfluss von Peroxydspuren in Gegenwart von Schwermetalleisen fällt besonders auf. Auch hier ist Kupfer wesentlich aktiver als Eisen. Einen ähnlichen Verlauf, wenn auch keinen so regelmäßigen, zeigen auch die Peroxyzahlen. Zu bemerken ist, daß bei Kupfer + Peroxyd nach 200 Tagen bereits beträchtliche Mengen eines dickflüssigen, süßen, hellgelben Harzes am Boden abgeschieden waren. Die Ergebnisse der Bombenstörung sind im wesentlichen ebenso. Benzin 3 zeigt ein ähnliches Bild. Trotz höheren Anfangsgehaltes an Harz ist es aber bedeutend beständiger gegen Eisen- und Kupfereinwirkung.

Das aus  
verschieden  
entstandene  
süßflüssige  
Harzbildung,  
tats, gibt ab  
Peroxynzahlen  
führt das auf  
Runde zurück.

Eine Bee  
keine wesentl  
tretenden eine  
zeigen die Al  
min 1 wurden  
höht, während  
anstieg, der

Die elem  
Behandlung en

(Der O<sub>2</sub>-Gehalt  
an Schwefel,  
elementarem S)

Das Aussehen der anfallenden Harze ist je nach den Zusätzen verschieden. Bei beiden Benzinen sind die in Gegenwart von Eisen entstandenen Harze feste, klebrige Körper, während Kupfer schlüssige Harze erzeugt. Die Reibalterung gibt, bezüglich Harzbildung, wie bereits erwähnt, im wesentlichen ähnliche Resultate, gibt aber bei gleichen Harzgehalten bedeutend niedrigere Peroxydahlen und höhere Säurezahlen als die Lagerung. Schließlich führt das auf die höhere thermische Beanspruchung der Proben in der Probe zurück.

Eine Bestrahlung der Benzine mit U.V.-Licht hatte gänzlich keine wesentliche Wirkung auf Harzgehalt und Peroxydahl. Das aber trotzdem eine Veränderung mit den Benzinen vor sich gegangen ist, zeigen die Alterungsversuche mit den bestrahlten Proben. In Benzin 1 wurden sowohl Harzgehalt, wie Peroxydahl ganz bedeutend erhöht, während bei Benzin 2 nur die Peroxydahl um ein Mehrfaches anstieg, der Harzgehalt jedoch gleich blieb.

Die elementare Zusammensetzung der durch verschiedenartige Behandlung entstandenen Harze zeigt Abbildung 7.

**Abbildung 7.**

Elementarzusammensetzung von Harzen aus Benzin 1 bei verschiedenartiger Behandlung \*)

	% C	% H	% O
Harz	75,0	7,5	17,5
mit 2 mg Cu	74,3	7,7	18,0
mit 2 mg Cu + Zn			
mit 2 mg Cu + Zn + Fe			
mit 2 mg Cu + Zn + Fe + U.V.	72,2	7,7	19,7
mit 2 mg Cu + Zn + Fe + U.V. + O <sub>2</sub>	73,0	8,0	19,2

(Der O<sub>2</sub>-Gehalt schließt auch die nicht ermittelten geringen Mengen an Schwefel, Stickstoff und Asche ein). Die Unterschiede in der elementaren Zusammensetzung sind nicht sehr groß, lediglich der

Sauerstoff etwas höher

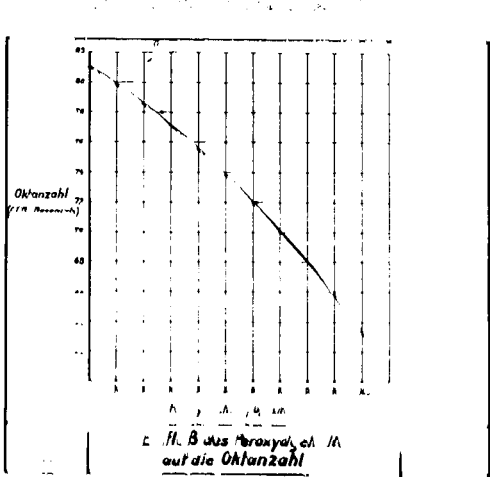
Außer Autoxydation die Bräunung zum Beispiel. Die Zunahme des Sauerstoffgehalts und die Abnahme der Lagerfähigkeit während der Lagerung hat für die Bestimmung des Sauerstoffgehalts ermittelt

Die Geschwindigkeit von zwei Proben Benzinen, an denen vorhanden sind, der oder der Geschwindigkeit

Sauerstoffgehalt der durch Peroxydanzatz entstandenen Harze ist etwas höher.

Außer der Begünstigung der Harzbildung haben die durch Autoxydation gebildeten Peroxyde noch einen wesentlichen Nachteil: die Erniedrigung der Oktanzahl. Egloff, Morrell und Levy fanden zum Beispiel in einem Knochensin, das 6 Monate lagerte, eine Abnahme der Research-Oktanzahl von 71 auf 40, während der Harzgehalt von 8 auf 628 mg/100 cc anstieg. Im allgemeinen steigen Harzgehalt und Peroxydanzahl gleichzeitig an, jedoch gibt es, wie ich vorhin bereits sagte, auch Ausnahmen. Hier kann also die schlechte Lagerfähigkeit des Benzins sich im Abfall der Oktanzahl äußern, während der Harztest noch einwandfrei sein kann. Schildwachter hat für ein Benzin die Abhängigkeit der Oktanzahl vom Peroxydgehalt ermittelt.

Abbildung 8.



L. H. B. aus Peroxyd, ab H auf die Oktanzahl

Die Sta. Mithat der Spaltbensine hängt nun in der Hauptsache von zwei Faktoren ab, und zwar einerseits von Raffinationsgrad des Benzins, andererseits von der Menge und der Art in den Benzinen vorhandener, die Oxydation und damit auch die Harzbildung hemmender oder gar verhindernder Stoffe. Solche Substanzen, die die Geschwindigkeit bestimmter, freiwillig verlaufender chemischer

Reaktionen negative K...  
1938. Ein...  
kung ist, ...  
heute ange...  
Tenderleben...  
höhen, das...  
und zwar m...  
labilsten...  
nach Besoi...  
suchten Sp...  
Produkte e...  
Welche Bed...  
besten aus...  
Byers 1937...  
in einem L...  
werden hau...  
Derivate g...  
schwefelha...  
viele ande...  
auch Gemis...  
Mengen sch

Für 4...  
schiene...  
Mitarbeite...  
rang der I...  
150 Min. e...  
leisten. B...  
vorgeschla...  
längerung...  
durch Zuga...  
Methoden d...  
werden, da...  
schiene v...  
mäßigsten...  
wendig ist...  
untersiehe...  
gelegt wer

08161

Reaktionen in hohem Maße herabsetzen, die also gewissermaßen als negative Katalysatoren anzusehen sind, bezeichnet man als Inhibitoren. Eine scharfe Trennung der Raffinations- und Inhibitorwirkung ist, zumindest bei Spaltbenzinen, gar nicht möglich. Es wird heute angenommen, daß die Raffinationsverfahren (z.B. Sulfur- oder Tonerdebehandlung) die Lagerfähigkeit der Kraftstoffe dadurch erhöhen, daß sie die Reaktionsfähigkeit der Inhibitoren steigern, und zwar natürlich durch Polymerisierung und Beseitigung der labilsten Benzolbestandteile. So konnten Jakoboff und Mitarbeiter nach Beseitigung sämtlicher Inhibitoren in keinem von ihnen untersuchten Spaltbenzin auch durch allergründlichste Raffination nicht Produkte erhalten, die die üblichen Stabilitätsprüfungen bestanden. Welche Bedeutung der Inhibitorfrage zukommt, geht vielleicht am besten aus der großen Zahl der genommenen Patente hervor, die von Byers 1937 zusammengestellt sind, und die auch Frl. Dr. Henkels in einem Literaturauszug zusammengefaßt hat. Als wirksame Stoffe werden hauptsächlich aromatische Amine und Phenole und deren Derivate genannt, ferner verschiedene Stickstoffverbindungen, schwefelhaltige Stoffe, Metallverbindungen, Teerdestillate und viele andere. Zur Erhöhung und Verlängerung der Wirkung werden auch Gemische mehrerer Z<sub>6</sub>-E<sub>6</sub> vorgeschlagen. Die vorgeschlagenen Mengen schwanken zwischen 0,002 % und 1 %, meistens 0,01 und 0,1%.

Für die Bewertung der Wirksamkeit der Inhibitoren sind verschiedene Methoden vorgeschlagen worden, so z.B. von Egloff und Mitarbeitern die Verlängerung der Induktionszeit. Eine Verlängerung der Induktionszeit durch Zusatz von Hemmstoff um mehr als 150 Min. soll eine Lagerfähigkeit von mehr als 1 Jahr gewährleisten. Eine andere, ebenfalls von Egloff und seinen Mitarbeitern vorgeschlagene Methode ist die sog. Zyklhexanzahl, d.h. die Verlängerung der Induktionsperiode von Zyklhexan (in Minuten), die durch Zugabe von 0,002 % eines Hemmstoffes erzielt wird. Beiden Methoden darf jedoch keine allgemeine Gültigkeit zugesprochen werden, da sich Inhibitoren bei verschiedenen Benzinen ganz verschieden verhalten können. Es erscheint daher doch noch am zweckmäßigsten, die Kraftstoffe, falls der Zusatz von Inhibitor notwendig ist, von Fall zu Fall in der Bombe einer Kurzprüfung zu unterziehen, wobei gleichzeitig die benötigte Inhibitormenge festgelegt werden kann. Hierbei ist jedoch noch zu berücksichtigen,

daß die  
sondere  
muß. Die  
einerseits  
wechsela  
Wasser,  
wesentli  
rerseits  
chieden  
Beziehun  
ordentli  
lütete P  
spielen  
toren be

Ergebnis  
unterg  
sätze ei  
oder be  
Bomben

POOR COPY 3

POOR COPY

daß die Kursprüfung in der Bombe für manche Kraftstoffe, insbesondere für Gemischkraftstoffe als viel zu scharf angesehen werden muß. Die hohe Temperatur und der hohe Sauerstoffdruck in der Bombe einerseits, die stark variierenden Bedingungen der Lagerung (wie wechselnde Temperaturen, Material der Lagerbehälter, Gegenwart von Wasser, Zugänglichkeit von Luft, Restbestände an Kraftstoffe, Anwesenheit von Verunreinigungen, Schwermetallsalzen u.a.m.), andererseits müssen natürlich auch die zugesetzten Inhibitoren so verschiedenartig beeinflussen, daß hier die Aufstellung einer exakten Beziehung zwischen Kursprüfung und praktischer Lagerung außerordentlich schwierig ist und eigentlich bis heute noch als ungelöstes Problem angesehen ist. Schildwachter untersucht an 2 Beispielen die Abhängigkeit der Inhibitorwirkung einiger dieser Faktoren bei der Lagerung und Kursprüfung. Die Abbildung 9 gibt die

Abbildung 9.

Einfluß von Aethylendiamin auf Benzin 5  
ohne und mit Zusätzen bei der Bombenalterung und Lagerung

Zusätze	ohne		5 mg Cu/Liter		Zylohexanperoxyd 100 mg Oyliter		Cu + Zylohexanperoxyd	
	-	+	-	+	-	+	-	+
Inhibitor (0,006% Aethylendiamin)	-	+	-	+	-	+	-	+
Vor der Alterung								
Harzrest mg/100	1	1	1	1	1	1	1	1
Peroxyd Gehalt mg Oyliter	1	1	1	1	1	1	1	1
Rest des Aethylens								
Harzrest								
Peroxyd								
Rest des Aethylens								
Harzrest								
Peroxyd								

Ergebnis ... mit dem einen der unteren ... Benzine (Benzin 5) wider. Das Benzin ist ohne Zusätze einigermaßen stabil. Anwesenheit von Kupfer oder Peroxyde oder beider zusammen bewirkt starke Verschlechterung bei der Bombenalterung (Erhöhung der Harz- und Peroxydbildung, Abfall der

Induktions  
Induktions  
Kupfer und  
aufgehoben  
jedoch ver  
Inhibitor  
Zylohexan  
hexanperoxyd  
Kupfer, je  
so radikal  
diamin geg  
Da aber an  
min die P  
dationswir  
bitors aus  
kommen. Au  
daß die L  
hältnismä  
stark bes  
den Inhibi  
über 360  
Ausnahme  
des Inhibi  
erwarten  
bei den L  
jedoch ist  
letzten S  
seitiger  
ist.



Induktionszeit). Der Zusatz von 0,06 % Äthylendiamin erhöht die Induktionszeit auf über 240 Minuten, wobei gleichzeitig die durch Kupfer und Peroxyd hervorgerufene Beschleunigung der Korrosion aufgehoben wird. Die Empfindlichkeit gegen die beiden Zusätze ist jedoch verschieden groß. Während die Wirkung des Kupfers durch den Inhibitor vollständig aufgehoben wird, macht sich die Wirkung des Zyklohexenperoxydes trotz des Inhibitors noch bemerkbar. Zyklohexenperoxyd wirkte ohne Inhibitor nur etwa halb so stark wie Kupfer, jedoch war trotzdem die Wirksamkeit des Inhibitors nicht so radikal. Hieraus wäre zu schließen, daß der Inhibitor Äthylendiamin gegen Peroxyd wesentlich empfindlicher ist als gegen Kupfer. Da aber andererseits dem Kupfer durch Anwesenheit von Äthylendiamin die Fähigkeit genommen wird, katalytisch eine schnellere Oxydationswirkung herbeizuführen, so wird es in Gegenwart dieses Inhibitors auch nicht zur Bildung größerer Peroxyd- und Korrosionsmassen kommen. Aus den Ergebnisse der Bombenversuche würde man schließen, daß die Lagerfähigkeit in allen Fällen mit Inhibitorzusatz verhältnismäßig gut sein würde, und der auf das ursprüngliche Benzin stark beschleunigend wirkende Zusatz von Kupfer und Peroxyd durch den Inhibitor vollständig ausgeschaltet wird. Die Lagerversuche über 360 Tage zeigen ein ähnliches Bild wie die Kurzprüfung, mit Ausnahme der mit Kupfer versetzten Proben. Hier ist die Wirkung des Inhibitors nicht so groß, wie man nach der Kurzprüfung hätte erwarten sollen. Der Verfasser führt das auf die Einwirkung der bei den Lagerversuchen im Benzin getauchten Eisenstreifen zurück, jedoch ist diese Erklärung nicht befriedigend, da, wie die beiden letzten Spalten zeigen, die Wirksamkeit des Inhibitors bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kupfer und Peroxyd außerordentlich gut ist.

Abbildung

Benzin. Es ist viel zugänglicher. Außerst schlechtes und Peroxyd Wirkung des Benzen auch die den Alterungs schlechtes Lagerzeiten Die Lagerver günstigeres Inhibitors. prüfung ist von Kupfer v schließt hier für die Früh Hemmstoffaus

POOR COPY

3

POOR COPY

08163-A

Abbildung 10 zeigt die Versuchsergebnisse mit einem anderen

Abbildung 10.

Einfluß von Phenylendiamin auf Benzin 6  
ohne und mit Zusätzen bei der Bombenalterung<sup>1)</sup>

Zusätze	ohne		5 mg Cu/Liter		Zylohexan- peroxyd 100 mg O <sub>2</sub> /Liter		Cu + Zylo- hexanperoxyd	
	-	+	-	+	-	+	-	+
Vor der Alterung:								
Horztest mg/100 cm	2	5	10	9	11	10	26	19
Peroxyzahl mg O <sub>2</sub> /Liter	16	4	20	32	112	116	128	160
Nach der Alterung:								
Horztest	1095	484	1620	976	1615	1067	1808	1290
Peroxyzahl	2520	1040	1200	1920	2520	1880	1200	2400
Induktionszeit Min	55	155	38	60	38	112	37	40
Druckabfall at	5,5	2	5,3	5	5,8	4	6,2	6
Nach 300 tägiger Lagerzeit:								
Horztest	1062	18	1896	17	1864	24	2206	1310
Peroxyzahl	3160	20	1152	50	1200	88	520	1680

579

Benzin. Es ist Sauerstoff und thermischen Einflüssen gegenüber viel zugänglicher als Benzol 5. Das reine Benzol zeigt schon äußerst schlechte Alterungstests, die durch Zusatz von Kupfer und Peroxyd noch wesentlich verschlechtert werden. Die hemmende Wirkung des Inhibitors ist zwar deutlich erkennbar, jedoch zeigen auch die inhibierten Proben außerordentlich hohe Tests. Nach den Alterungsversuchen müßte man hier in allen Fällen ein sehr schlechtes Lagerverhalten erwarten. Zur Erreichung befriedigender Lagerzeiten müßte man mit viel höheren Inhibitorzusätzen rechnen. Die Lagerversuche zeigen jedoch hier wiederum ein wesentlich günstigeres Bild, insbesondere im Bezug auf die Wirksamkeit des Inhibitors. Trotz der wenig zuversichtlichen Werte der Alterungsprüfung ist die Wirkung des Phenylendiamins auch in Gegenwart von Kupfer und Peroxyd eine ganz ausgezeichnete. Der Verfasser schließt hieraus, daß die geübten Versuchsbedingungen in der Beabe für die Prüfung und insbesondere Bemessung eines notwendigen Hemmstoffzusatzes, genau wie bei den Mischkraftstoffen, viel zu

scharf sind. Bei dem Kraftstoff können, die die Kraftstoffen. dieser Prüfung ein Benzol, den prüfung in der und die Marmen Maß beschränkt unbedingt trage Autoxydation zu

Über die Lager

Zum Schluß verhalten unges aromatischen Ho

Sowohl die wie auch die aromaten (Kylol) lieber Alterung zu bezeichnen. Benzine in hoch oder gealtert Lagerung und be sind, zeigen die Maße die reinen der künstlichen fall bis zu etwa stets mit einem tetraäthyles H den Aromatenbe- wiegenden Mehrschaltest be sogar haben gan

POOR COPY 3

POOR COPY

08164

scharf sind. Das gelte nicht nur dann, wenn Verunreinigungen in dem Kraftstoff sind oder bei der Lagerung Stoffe hinzutreten können, die die Autoxydation begünstigen, sondern schon bei reinen Kraftstoffen. „Allerdings“, so führt Schildwachter aus, „ist mit dieser Prüfung ein nicht zu unterschätzender Vorteil verknüpft: Ein Benzol, dem so viel Inhibitor zugesetzt wird, daß die Kurzprüfung in der Bombe eine Induktionszeit über 240 Minuten ergibt und die Harz-, Säure- und Peroxybildung auf ein bescheidenes Maß beschränkt bleibt, wird eine bestimmte Höhe an Fremdstoffen unbedingt tragen können, ohne daß bei längerer Lagerung erhöhte Autoxydation zu befürchten sein wird“.

Über die Lagerbeständigkeit hocharomatischer Kraftstoffe.

Zum Schluß will ich noch kurz auf das Lager- und Alterungsverhalten unserer synthetischen Fliegerbensine, insbesondere der aromatischen Hochleistungskraftstoffe OV<sub>2</sub>b und DHD eingehen.

Sowohl die 87er-Fliegerbensine aus verschiedenen Rohstoffen, wie auch die aromatenreichen Bensine OV<sub>2</sub>b und DHD und selbst reine Aromaten (Kybole) sind auf Grund praktischer Lagerung und künstlicher Alterung nach dem Bombenverfahren als durchaus einwandfrei zu bezeichnen. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Bensine in hochverbleitem Zustand (0,12 VOL.% Bleitetra) gelagert oder gealtert werden. Während die 87er-Bensine bei sachgemäßer Lagerung und bei der künstlichen Alterung so durchweg einwandfrei sind, zeigen die aromatenreichen Bensine und in noch stärkerem Maße die reinen Aromaten öfters recht hohe Glasschalenteste nach der künstlichen Alterung in der Bombe und bisweilen auch Druckabfall bis zu etwa 1 atm. Diese „schlechten Alterungsteste“ gehen stets mit einer mehr oder weniger starken Zersetzung des Bleitetraäthyles Hand in Hand. Ja es kann sogar gesagt werden, daß bei den Aromatenbensinen, die schlechte Bombenteste haben, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle viel mehr zersetztes Blei im Glasschalentest bestimmt wird, als Harz. In vielen Fällen werden sogar neben ganz unbedeutender Harzabblüfung von nur wenigen

Milligrammen, 20, produkte gefunden. Oxydationsbedingung katalytischen Beeinflussung Kraftstoffe zu tun. Alterungsversuche Einzelaromaten gegenüber hochverbleitete gute Alterungstest aromatischen Kohlen primär für die so erscheint vielmehr aromatischen Kohlen baren, labilen Bedingungen des Bomben katalytische Beeinflussung für die Harzabblüfung gleitstoffe nicht sondern nur dadurch natürlichen Harz

Einen wie gr... Bleitetraäthyl au... Beispiel eines DF...

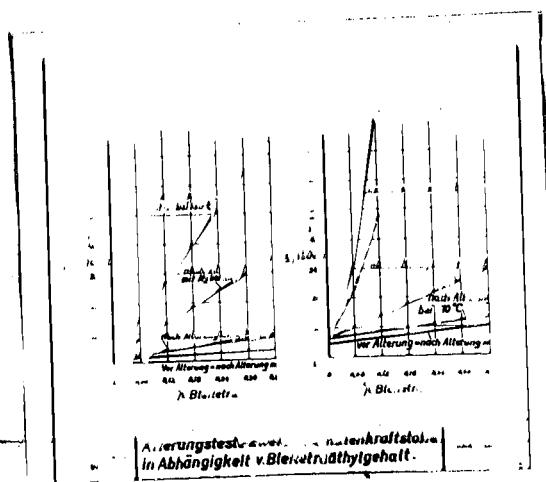
POOR COPY 3

POOR COPY

Milligrammen, 20, 30 und mehr Milligramm Bleitetraäthylersetzung-  
 produkte gefunden. Offenbar hat man es hier unter den extremen  
 Oxydationsbedingungen des Bombentestes mit einer wechselseitigen  
 katalytischen Beeinflussung des Bleitetraäthyls und der Aromaten-  
 kraftstoffe zu tun. Da es einerseits genügend Beispiele für solche  
 Alterungsversuche mit verbleiten Aromatenkraftstoffen und auch  
 Einzelaromaten gibt, die vollkommen befriedigend sind, anderer-  
 seite hochverbleite nichtaromatische Benzine ebenfalls fast immer  
 gute Alterungsteste haben, muß angenommen werden, daß weder die  
 aromatischen Kohlenwasserstoffe selbst, noch das Bleitetraäthyl  
 primär für die schlechten Alterungsteste verantwortlich sind. Es  
 erscheint vielmehr wahrscheinlich, daß bei der Herstellung der  
 aromatischen Kohlenwasserstoffe Spuren von analytisch nicht faß-  
 baren, labilen Begleitstoffen entstehen, die bei den extremen Be-  
 dingungen des Bombentestes selbst Sauerstoff aufnehmen und durch  
 katalytische Beeinflussung zunächst die Bleiseretzung und sekun-  
 där die Harzbildung einleiten. Es ist auch möglich, daß diese Be-  
 gleitstoffe nicht erst beim Aromatisierungsprozeß gebildet werden,  
 sondern nur dadurch wirksam werden, daß die im Benzin enthaltenen  
 natürlichen Hemmstoffe zerstört werden.

Einen wie großen Einfluß Temperatur, Sauerstoff und vor allem  
 Bleitetraäthyl auf diese Vorgänge haben, zeigt Abbildung 11 am  
 Beispiel eines DHD-Benzines und eines Kybols.

Abbildung 11.



Einwandfr  
 tenkraftstoffe  
 hung zwischen  
 können. Es habe  
 Aromatenkraft  
 und konnten ne  
 Ergebnis diese  
 Fällen wohl ei  
 auch eine unwe  
 sowohl die Ble  
 Werte angenom  
 rung gefunden  
 tenkraftstoffe  
 wohl sämtliche  
 nicht zu Vors  
 keit von verble  
 deren Maßstab  
 tetraäthyle vo  
 sulfidischen neu  
 schlag gemacht  
 keit der verble  
 rung versetzt  
 s.Zt. mindeste  
 Ihre Überprüfung  
 wird, wird noch

Da es abe  
 der Lagerung u  
 abscheiden und  
 durch Störunge  
 Sofortlösung e  
 fähigkeit gege  
 Benzine auf ge  
 zur Sicherheit  
 auch bei uns  
 DHD-Benzines  
 torzusatz.

POOR  
 COPY

3

POOR  
 COPY

08166

- 13 -

Einwandfrei abgeschlossene Lagerversuche mit verbleiten Aromatenkraftstoffen gibt es noch viel zu wenig, um eine exakte Beziehung zwischen Alterungsverhalten und Lagerfähigkeit aufstellen zu können. Es haben jedoch verschiedentlich kleinere Mengen verbleiter Aromatenkraftstoffe unter den verschiedensten Bedingungen gelagert und konnten nach s.F. 2-jähriger Lagerung untersucht werden. Als Ergebnis dieser Untersuchungen kann gesagt werden, daß in manchen Fällen wohl ein geringer Teil des Bleitetraäthyls zersetzt war und auch eine unwesentliche Harzbildung stattgefunden hatte, daß aber sowohl die Bleierzersetzung wie auch die Harzbildung nie so hohe Werte angenommen haben, wie sie ab und zu bei der künstlichen Alterung gefunden werden. Der Bombentest ist daher für verbleite Aromatenkraftstoffe als viel zu scharf anzusehen. Hierin sind sich heute wohl sämtliche an dieser Frage interessierten Stellen einig. Es hat nicht an Vorschlägen gefehlt für die Beurteilung der Lagerfähigkeit von verbleiten hocharomatischen Kraftstoffen einen anderen, milderen Maßstab anzulegen, so z.B. die Zeretzungsprodukte des Bleitetraäthyls vor der Harzbestimmung zu entfernen, oder die Menge des zulässigen neu gebildeten Harzes höher zu setzen. Auch ist der Vorschlag gemacht worden, als Maß für die Beurteilung der Lagerfähigkeit der verbleiten Kraftstoffe die Menge des bei der Bombenalterung zersetzten Tetraäthyls zu nehmen. Alle diese Vorschläge sind s.Zt. mindestens ebenso unsicher, wie die normale Bombenalterung. Ihre Überprüfung, die s.Zt. bei verschiedenen Stellen durchgeführt wird, wird noch viel Zeit erfordern.

Da es aber feststeht, daß verbleite aromatische Benzine bei der Lagerung unter Umständen zersetztes Bleitetraäthyl als Schlamm abscheiden und auch unzulässig hohe Harzmengen bilden können, wodurch Störungen am Motorbetrieb verursacht werden können, muß als Sofortlösung eine möglichst weitgehende Sicherheit bezüglich Lagerfähigkeit gegeben werden. Hierzu erscheint es erforderlich, die Benzine auf geeignete Weise zu raffinieren und in jedem Fall noch zur Sicherheit einen geeigneten Inhibitor zuzusetzen, wie das ja auch bei uns geschieht. Die Abbildung 12 zeigt die Bombenteste eines DHD-Benzines in unverbleitem und erbleitem Zustand und mit Inhibitorzusatz.

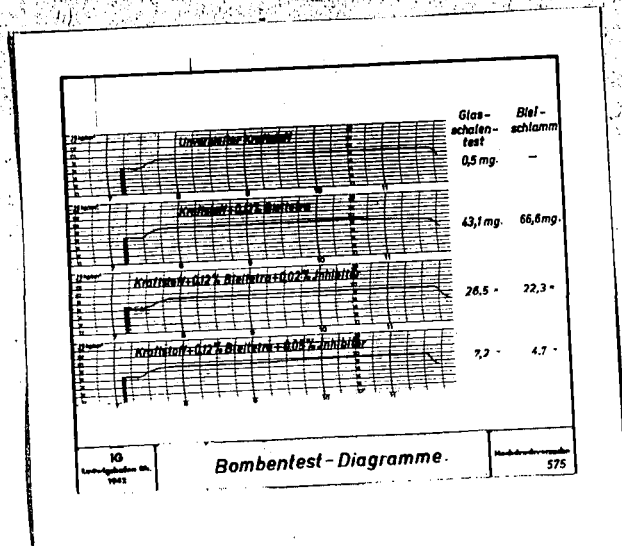
Ein auf die  
Lagerfähigk  
die im Krie  
in Frontnä

POOR  
COPY

3

POOR  
COPY

Abbildung 12.



Ein auf die Art erreichter guter Alterungstest dürfte eine gute Lagerfähigkeit, auch unter den besonders ungünstigen Bedingungen, die im Kriege gegeben sind, durch den Transport und Stapelung in Frontnähe verbürgen.

Hochdruckversuche  
Lu 558

Isomere

Folger  
Kohlenwasser  
Art der Seit  
spezifisches  
und Vorkomme  
gegebenen Ko  
stellt, fall  
durch Prakti










POOR  
COPY

3

Isomere aromatische Kohlenwasserstoffe.

Folgende Zusammenstellung enthält die aromatischen Kohlenwasserstoffe  $C_6$  bis  $C_{10}$  mit wachsender C-Anzahl nach Art der Seitenketten angeordnet. Ausserdem sind Siedepunkt, spezifisches Gewicht, Verbrennungswärme, Mischoktanzahl <sup>1)</sup> und Vorkommen in Benzinen angegeben. Die in der Tabelle angegebenen Kohlenwasserstoffe wurden alle technisch hergestellt, fallen aber zum Teil als Gemische an, die sich nicht durch Fraktionierung trennen lassen.

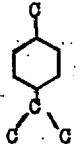
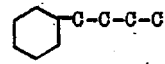
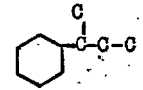
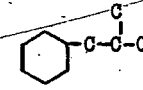
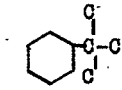
Isomere aromatische Kohlenwasserstoffe C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>

Kohlenwasserstoff	Formel	Siedepunkt °C	Spez. Gew. d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Verbrennungswärme kcal/Mol	Mischoktanzahl		Vork. in Benzin nachgewiesen	Techn. Darstellung	
					Motor	Res.			
<b>Aromaten C<sub>n</sub>H<sub>2n-6</sub></b>									
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Benzol		80,1	0,8737	782,00	(87)	(108)	+	+	
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> Toluol		110,8	0,8670	934,2	(90)	(120)	+	+	
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> o-Xylol (4)		144,0	0,8801	1090,9	(97)	(121)	+	}	
m-Xylol		137,0	0,866	1090,9	(104)	(144)	+		
p-Xylol		138,4	0,8610	1087,1	(104)	(154)	+		
Äthylbenzol		136,15	0,8667	1089,0	(97)	(128)	+	+	
C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> 1.2.3-Trimethylbenzol (3) (Hemellitöl)		176,1	0,8951	-	-	-	+	}	
1.2.4-Trimethylbenzol (Pseudocumol)		169,2	0,8762	1239,8	-	(123)	+		
1.3.5-Trimethylbenzol (Mesitylen)		164,6	0,8653	1242,8	(109)	(161)	+		



Kohlenwasserstoff	Formel	Siedepunkt °C	Spez. Gew. d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Verbrennungswärme koal/Mol	Mischoktanzahl Motor Res.	Vork. in Benzin nachgewiesen	Techn. Darstellung	
1-Methyl-2-äthylbenzol		164,9	0,881	-	(107)	}	}	
1-Methyl-3-äthylbenzol		161,5	0,8690	1243,2	(130)			
1-Methyl-4-äthylbenzol		161,2	0,866	-	(147)			
n-Propylbenzol		158,6	0,8628	1245,7	(137)			
Isopropylbenzol		152,4	0,8581	1246,5	(87) (128)	}	+	
C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> (22)	1.2.3.4-Tetramethylbenzol (Prehnitol)		204,5	0,901	1392,8	-	-	+
	1.2.3.5-Tetramethylbenzol (Isodurool)		198,0	0,8906	1389,8	-	-	+
	1.2.4.5-Tetramethylbenzol (Durool)		196,0	0,8380	1388,3	-	-	+
	1-Äthyl-2.3-Dimethylbenzol		189,0	0,8704	-	-	-	}
	1-Äthyl-2.4-Dimethylbenzol		184,0	0,878	-	-	-	
	1-Äthyl-2.5-Dimethylbenzol		185,5	0,8750	-	-	-	

Kohlenwasserstoff	Formel	Siede- punkt °C	Spez. Gew. d <sub>20</sub> 4	Verbren- nungswärme kcal/Mol	Mischoktanzahl		Vork. in Benzin- nachge- wiesen	Techn. Dar- stel- lung
					Motor	Res.		
1-Äthyl-2.6-Dime- thylbenzol		185,5	0,8740	-	-	-	-	+
1-Äthyl-3.4-Dime- thylbenzol		189,0	0,8704	-	-	-	-	
1-Äthyl-3.5-Dime- thylbenzol		185,0	0,861	-	-	-	-	
1.2-Diäthylbenzol		184,0	0,8662	-	-	-	-	
1.3-Diäthylbenzol		180,5	0,8597	-	(126)	(145)	+	+
1.4-Diäthylbenzol		183,0	0,865	-	-	(158)	-	
1-Methyl-2-n-propyl- benzol		184,0	0,8740	-	-	(114)	-	
1-Methyl-3-n-propyl- benzol		181,5	0,8620	1405,5	-	(130)	-	+
1-Methyl-4-n-propyl- benzol		182,5	0,861	-	-	(130)	-	
1-Methyl-2-isopropyl- benzol		175,5	0,876	1402,9	-	(117)	-	
1-Methyl-3-isopropyl- benzol		175,7	0,8606	1409,5	-	(134)	-	+

Kohlenwasserstoff	Formel	Siedepunkt °C	Spez. Gew. $d_{4}^{20}$	Verbrennungswärme Kcal/Mol	Mischoktanzahl			Vork. in Benzin- nachge- wiesen	Techn. Dar- stel- lung
					Motor	Res.			
1-Methyl-4-isopropylbenzol (Cymol)		177,3	0,8570	1402,8	-	(136)		-	+
n-Butylbenzol		182,6	0,8668	1401,9	(82)	(115)		-	+
$\alpha$ -Methyl-n-propylbenzol (Isobutylbenzol)		170,0	0,8628	-	-	(115)		+	
$\beta$ -Methyl-n-propylbenzol (sek.-Butylbenzol)		171,0	0,8577	-	(78)	(119)		-	+
$\alpha,\alpha$ -Dimethyl-äthylbenzol (tert.-Butylbenzol)		167,0	0,8623	1400,4	(88)	(130)		-	

I.G. Farbenindustrie Akt. engesellschaft  
Techn. Prüfstand O<sub>2</sub> 200  
1933

00173  
47

Ammoniakwerk Merseburg  
G.m.b.H.  
Haupt-Berichts-Sammlung  
Referat: B 10  
Mo Nr. 2180 / Tar

Die Kohlenwasserstoffe und ihre wichtigsten Stoffgrößen

POOR  
COPY

4

08174

Inhaltsverzeichnis

Allgemeines.

A. Tabellen.

I. Paraffine	Blatt	1-4
II. Olefine	"	5-7
III. Naphtene	"	8-10
IV. Azetylen	"	11
V. Diolefine	"	11
VI. Cycloolefine	"	12
VII. Cycloolefine	"	12
VIII. Biocycloparaffine	"	13
IX. Hydrierte polycyclische Kohlenwasserstoffe	"	14
X. Aromaten	"	15-18

B. Tafeln.

Überblick über die Kohlenwasserstoffe.	Blatt	1
Acyklische Aliphatische oder Fett	"	2
Kohlenwasserstoffe	"	3
Cyclische Kohlenwasserstoffe	"	4

Die

In

fe nach

größen

aus Nach

Die

nach st

ßer wer

Molekül

angegeb

den geb

und swa

1.

2.

Die

POOR COPY

POOR COPY

Oppau, den 1. Dezember 1936. K.

**Die Kohlenwasserstoffe und ihre wichtigsten Stoffgrößen.**

In den vorliegenden Tabellen sind die reinen Kohlenwasserstoffe nach ihren homologen Reihen geordnet und ihre wichtigsten Stoffgrößen angegeben. Diese Tabelle stützt sich auf Daten, soweit sie aus Nachschlagewerken und Laboratoriums-Berichten bekannt sind.

Die Kettenkohlenwasserstoffe sind für jede homologe Reihe nach steigender C-Atom-Zahl, die cyclischen Verbindungen nach größer werdenden Ringkörpern geordnet. Die Größe und der Aufbau des Moleküls ist durch die Summenformel und durch die Strukturformel angegeben. Der Wasserstoffgehalt  $h$  in Gewichtsprozent ist in beiden gebräuchlichen Schreibweisen ausgedrückt,

und zwar

1. bezogen auf 1 kg des Kohlenwasserstoffverbindung
2. bezogen auf 1 kg des Kohlenstoffs in der Kohlenwasserstoffverbindung.

Die Tabelle enthält ferner noch

Schmelz- und Siedepunkt

Dichte

Brechungsindex

Oberflächenspannung

Viskosität in Centi poise

Mittl. spez. Wärme  $\int_{op}^T$

Mol. Bildungswärme

Selbstzündungspunkt in Grad Celsius für Wert 1.000

Flammpunkt

Anilinpunkt

Getenzahl und

Oktanzahl.

POOR  
COPY

4

POOR  
COPY

Ferner ist eine Tafel beigelegt, die in Linien die zusammengehörigen Kohlenwasserstoffe in Abhängigkeit von Siedepunkt und Wasserstoffgehalt enthält,

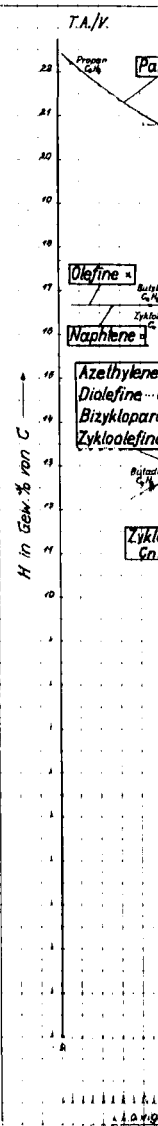
und zwar für

1.  $C_n H_{2n + 2}$  Paraffine
2.  $C_n H_{2n}$  Olefine, Naphtene
3.  $C_n H_{2n - 2}$  Acetylene, Diolefine, Bicykloparaffine, Cycloolefine
4.  $C_n H_{2n - 4}$  Zyklodiolefine
5. Aromaten.

Unter den Kohlenwasserstoffen bestehen weitgehende Gesetzmäßigkeiten. Der Siedepunkt steigt bei den normalen Kohlenwasserstoffen in den homologen Reihen ziemlich regelmäßig mit größer werdendem Molekül. Jede Verzweigung bewirkt eine Erniedrigung des Siedepunktes. Auch andere physikalische Eigenschaften, wie Schmelzpunkt, Dichte und Brechungsindex, gehorchen bestimmten Gesetzen.

Es ist noch viel Forschungsarbeit zu leisten, um die vielen Lücken zu schließen, die in der Kenntnis der Kohlenwasserstoffe vorhanden sind, und um die Angaben der manchmal in weiten Grenzen streuenden Zahlenwerte richtigzustellen. Wir bitten die Herren, die neue Werte auffinden, oder denen neue Werte bekannt sind, um diese zur Ergänzung der Tabellen mitzuteilen.

Kohls  
///

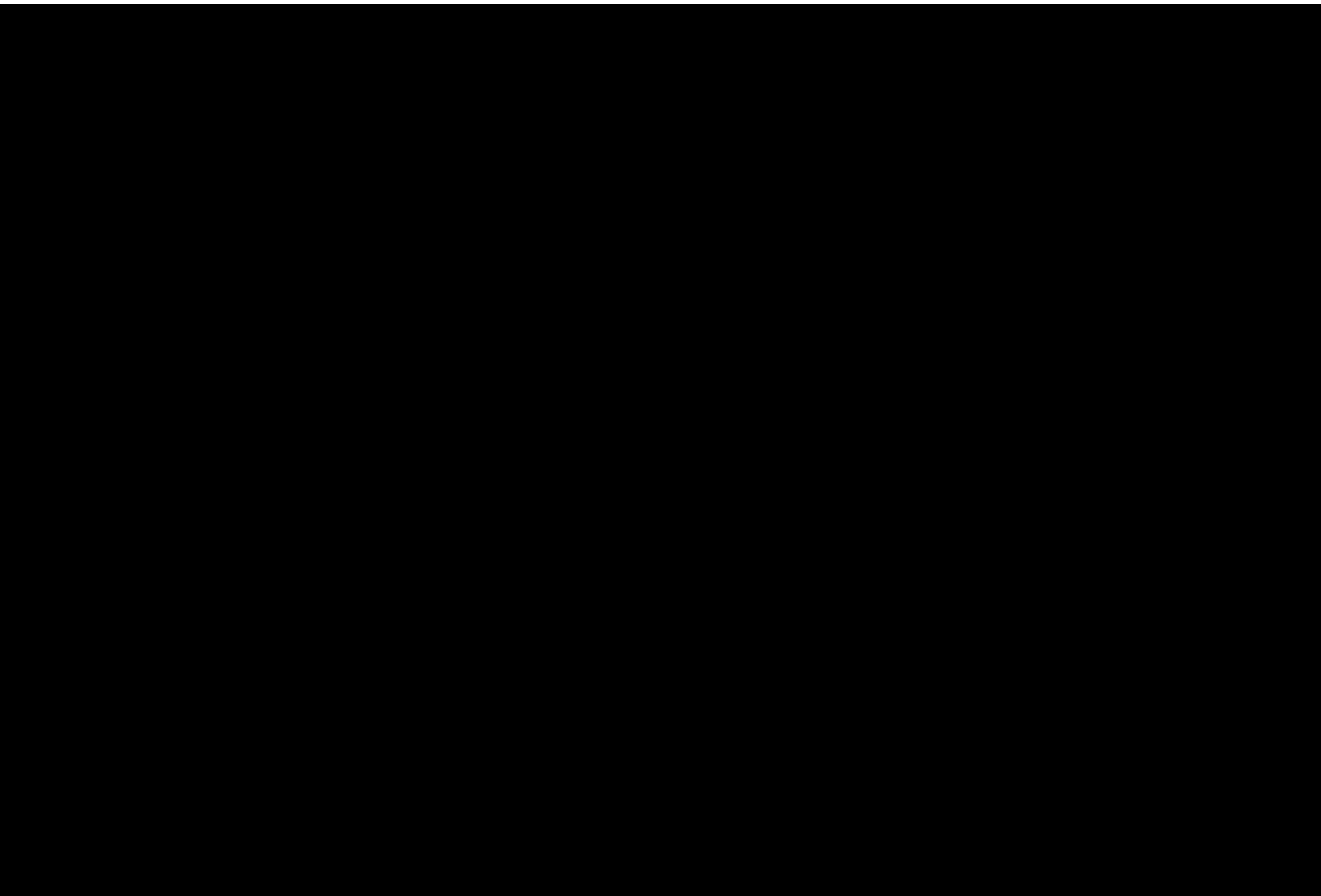


POOR COPY

4



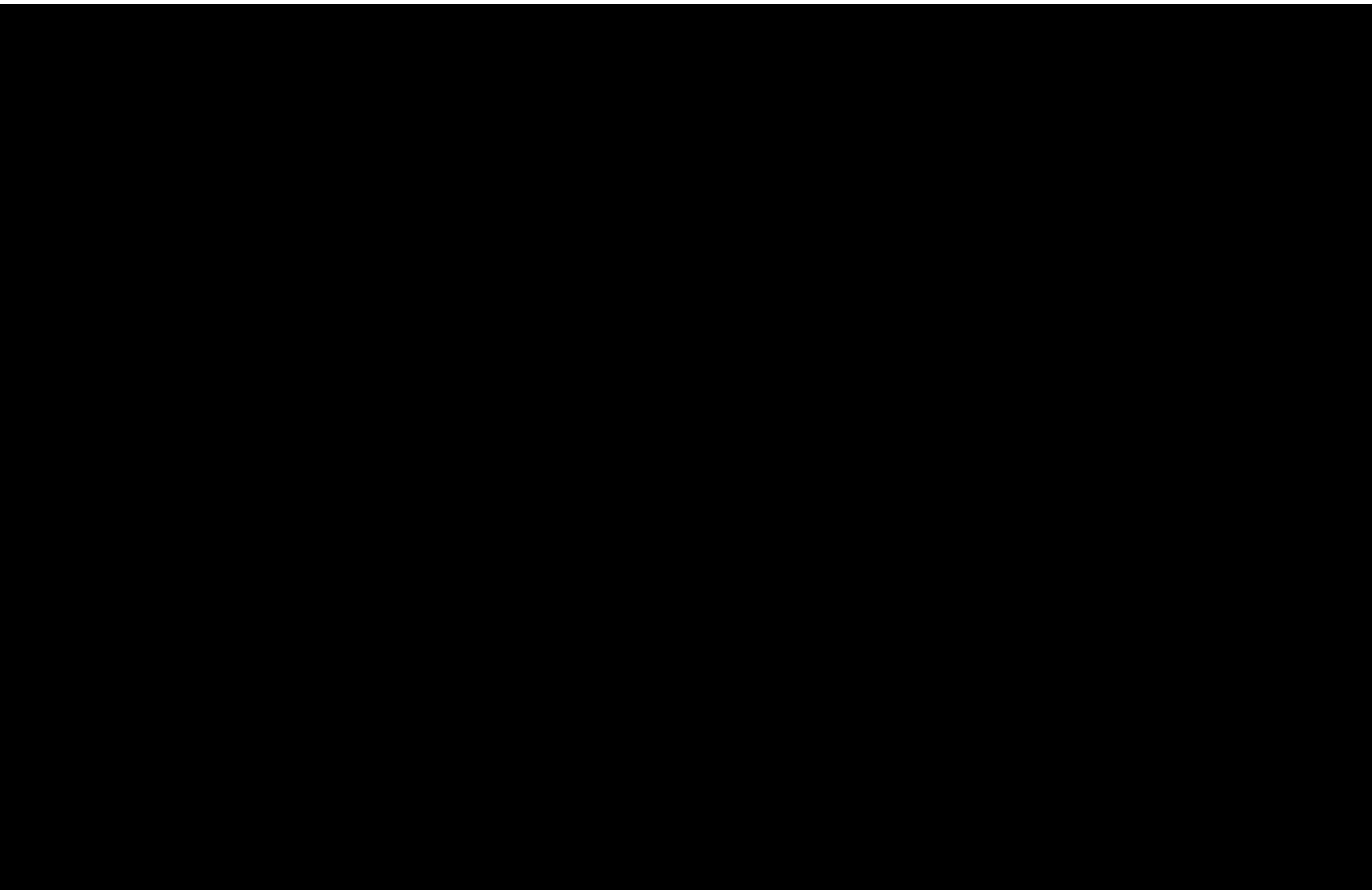


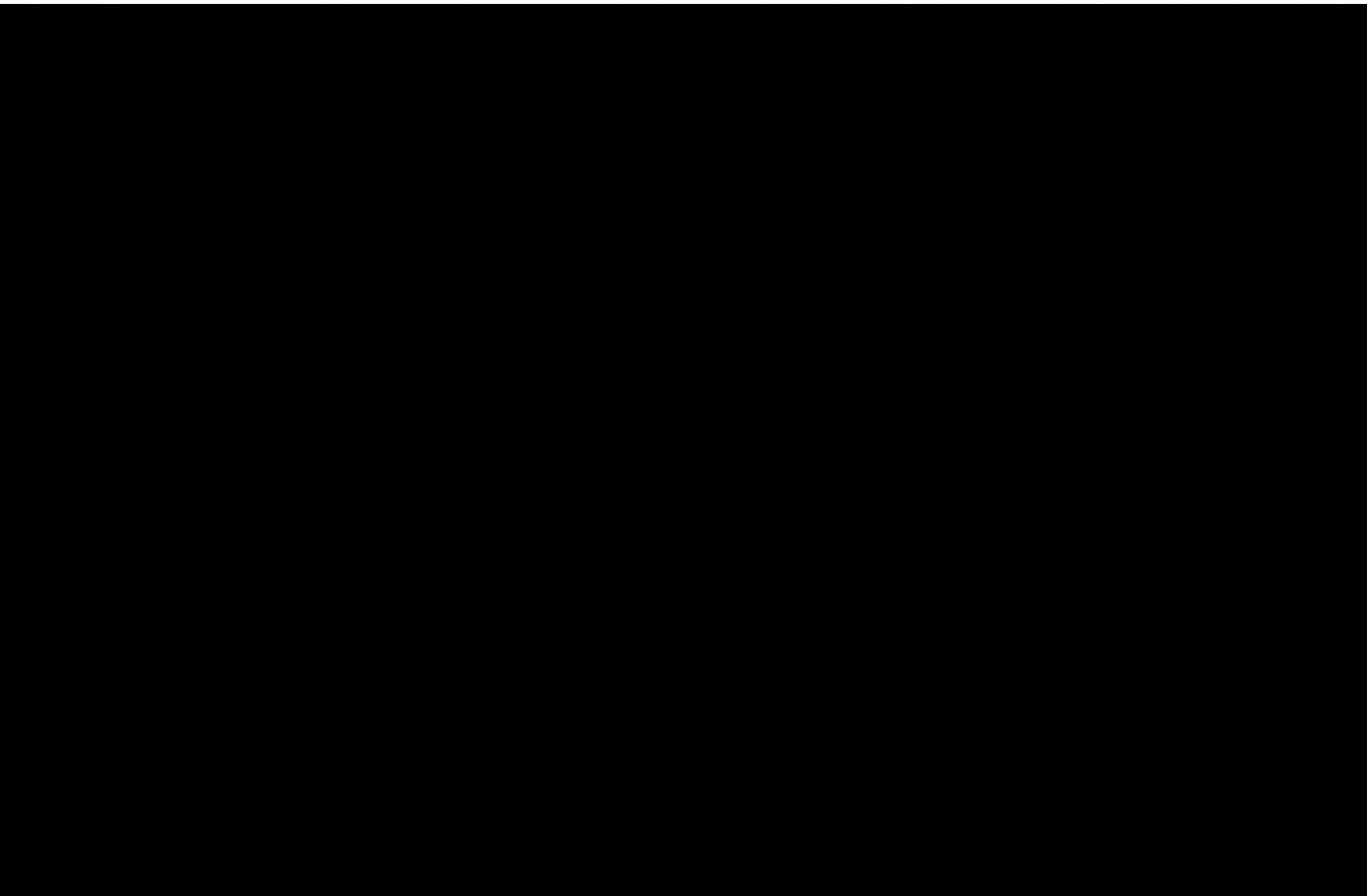


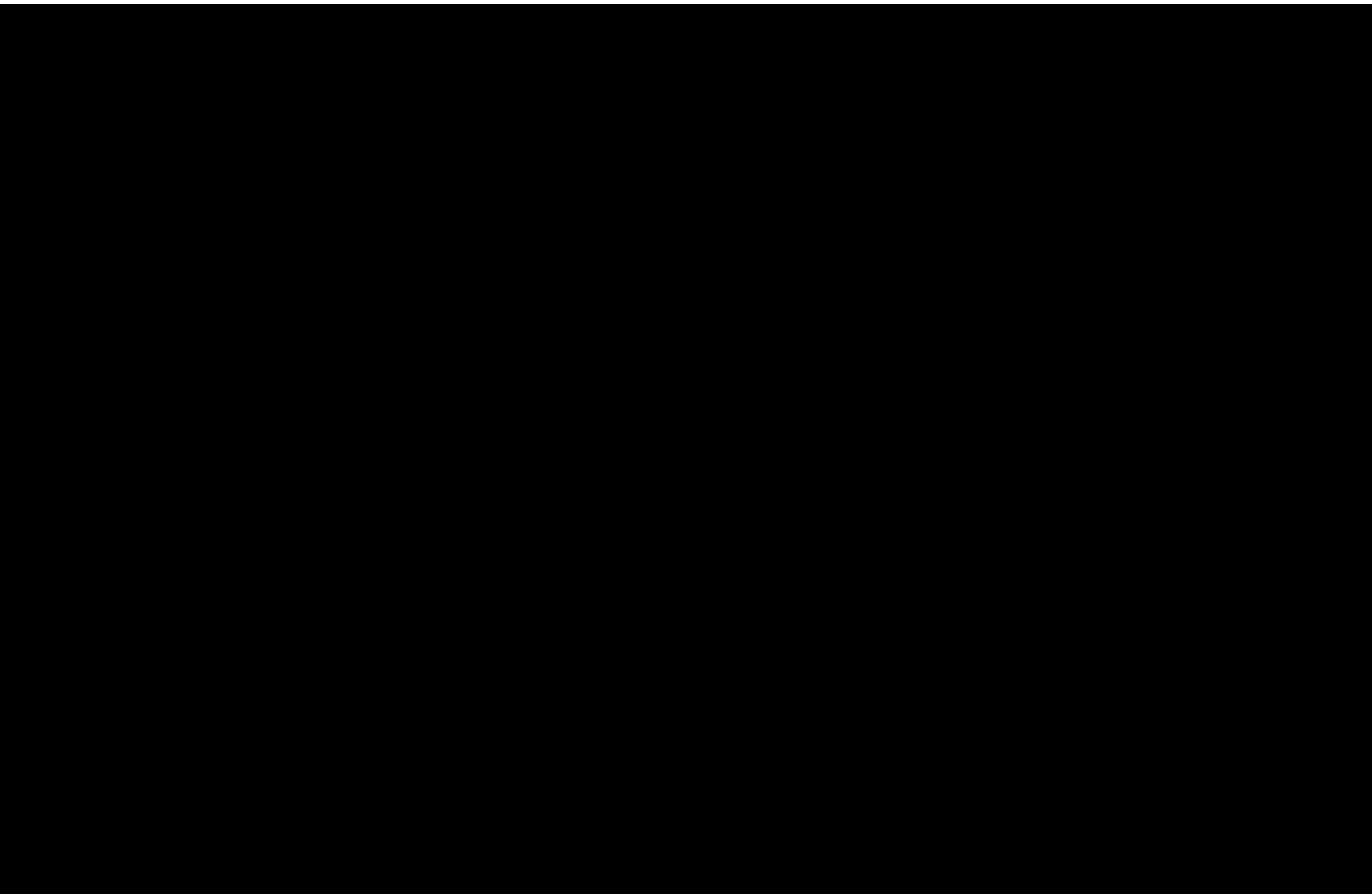
08179

Paraffine C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	in Gewichts-%		Siedepunkt °C b. 760 mm	Schmelzpunkt °C b. 760 mm	Dichte 20°C g/cm <sup>3</sup>	Brechungs-exponent n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Oberflächen-spannung Dyu/cm <sup>20°C</sup>	Mittl. Heizwert Wärme / Ho/v kcal/kg	Mol. Bildungswärme kcal/Mol.	Oktan-zahl	Bemerkungen
			Stoff	C									
2,3-Dimethylhexan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,14	15,8	18,75	109	- 91,5	0,698	1,439	20	20,2	0,491	0,427	59
2-2,4-Trimethylpentan Isopentan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,14	15,8	18,75	122,7	- 56	0,698	1,393	20,2	20,2	0,491	0,427	11 370
3-Methylheptan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,14	15,8	18,75	114,43		0,708	1,400	25				69,6
2-2,3-Tetramethylbutan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,14	15,8	18,75	105-106	-103							130
n-Nonan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128,16	15,6	18,5	159	- 51	0,718	1,403	25	27,0	0,705		72,1
2-Methyloktan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128,16	15,6	18,5	142		0,732	1,403	28				
3- " "	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128,16	15,6	18,5	142		0,741	1,416	20				
4-Methylheptan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128,16	15,6	18,5	133-134		0,720	1,402	25				
2-3-Dimethylheptan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128,16	15,6	18,5	136		0,715	1,403	25				
2-2,5-Trimethylhexan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128,16	15,6	18,5	137		0,708	1,399	20				35
n-Dekan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3	175	- 32	0,730	1,409	20		0,506	11 328	-32
2-Methylnonan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3	169		0,738						
3- " "	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3									
2-6-Dimethyloktan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3	160/1		0,731	1,411	20,2				23
2-7- " "	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3	160	- 52,5	0,728	1,409	18,1				
3-8- " "	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3	159-160		0,740	1,415					
2-2,6-Trimethylheptan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3	151		0,722	1,409	20				
Tetramethylhexan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142,2	15,5	18,3	156-157	- 59	0,725	1,409	20				32
n-Undekan	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156,2	15,4	18,2	192-193	- 26,5	0,741	1,416			0,501		
1-9-Dodekan	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156,2	15,4	18,2									
n-Dodekan	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170,2	15,3	18,1	224,5	- 12	0,751	1,421			0,506	11 065	
2-Methyl-3-Propyloktan	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170,2	15,3	18,1	192		0,754	1,425					
2-3-Dimethyl-3-Isopropylheptan	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170,2	15,3	18,1	166-168		0,766	1,432					
2-2,4,4-Tetramethyl-3-Isopropylpentan	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170,2	15,3	18,1									
n-Tridekan	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184,2	15,2	18,0	234	- 6,2	0,757	1,421					
1-10-Tridekan	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184,2	15,2	18,0									
1-Tetradekan	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198,2	15,1	17,9	260,5	+ 5,5	0,765	1,421			0,393	11 341	79,1
1-11-Tetradekan	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198,2	15,1	17,9				1,409	22,3	0,822			

POOR COPY 4







Olefine C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	h in Gewicht % vom Stoff	Siedepunkt °C	Schmelzpunkt °C	Dichte 20°C	Brechungsindex n <sub>D</sub>	Oberflächen-Spannung Dyne/cm	Wärmeleitfähigkeit 20°C	Mittl. spez. Wärme /cp/m	Heiswert /kcal/kg	Min. Bildungs-wärme kcal/mol	Oktan-Zahl	Endwert	Usterzahl	Flammpunkt	Anilinpunkt	Bemerkungen
3-Aethyl-penten-2	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3	16,67	87-88	0,725	15/4											
2-2 Dimethyl-penten-3	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		84-85	0,719	21											
2-3	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		92-93													
2-4	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3			0,699	14											
2-4	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		85-84	0,704	20/0											
2-2-3 Trimethylbuten-3	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		78-80	0,722	1,414	22,8	0,710	0,416		+35,8	380				35,9	
Okten-1	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		123-125	-120												
Okten-2	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3			0,725	20											
2-Methyl-hepten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		122,4	0,713	20/4											
2-Methyl-hepten-6	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		111-113	0,727	1,416	22,0	0,491	0,465	11231	+39,8	646					
3-Methyl-hepten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		121,8	-80												
4-Methyl-hepten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		120,4	0,731	20/0											
3-Aethyl-hexen-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		119,4	0,737	20/0											
3-4 Dimethyl-hexen-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		113,5													
2-2-3 Trimethyl-penten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		110,8													
2-Methyl-3-Aethyl-penten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		115	-80	0,717	20/4	1,410	20,5	0,531	0,416	11282	+37,6	570		+42,5	
Diisobutyl-ethan-2	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		102,5													
Nonen-3	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		147-148	-126	0,731	1,480	23,4	0,668	0,465	11323	+33,2	363				
Nonen-4	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		145-147													
2-Methyl-oktan-1	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		141,5-143													
2	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3															
4	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		133-138	-826	0,739	15/4										
4-Aethyl-hepten-3	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		139,5		0,743	20/0										
2-6 Dimethyl-hepten-3	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		132-134	-87	0,763	0										
Decen-1	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3		172		0,746	20/4										
2-5 Dimethyl-okten-4 (od. 5)	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3		152-157													
2-6 Dimethyl-okten-1 (od. 2)	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3	16,57	163-164		0,756											

POOR COPY

Olefine C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	h		Siedepunkt °C	Schmelzpunkt °C	Dichte 20°C	Brechungs-exponent D <sub>D</sub>	Oberflächen-spannung Dyn/cm	Isokalorität 20°C	Mittl. spez. Wärme /cal/m <sup>3</sup>	Heizwert /kcal/kg	Mol. Bildungswärme /kcal/mol	Oktan-Zahl	Sond-wert	Bemerkungen
			in Gewichts-%	von Stoff												
3-Ethyl-penten-2	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3	16,67	97-98		0,725									
2-2 Dimethyl-penten-3	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		84-86		0,719									
2-3 " " -3	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		92-95		0,719									
2-4 " " -1	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3				0,699									
2-4 " " -2	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		83-84		0,704									
2-2-3 Trimethylbuten-2	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11	14,3		73-83		0,704									
Okten-1	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		123-125		0,722									
Okten-2	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3				0,725									
2-Methyl-hepten-2	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		122,4		0,713									
2-Methyl-hepten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		111-115		0,713									
3-Methyl-hepten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		121,8	-120	0,727	1,416	22,7	0,491	0,465	11231	+39,8	846		
4-Methyl-hepten-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		120,4	-80	0,731									
3-Ethyl-hexen-2	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		119,4		0,731									
3-4 Dimethyl-hexen-3	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		113,5		0,731									
2-2-3 Trimethyl-penten-2	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		110,8											
2-Methyl-3-äthylepen-Diisobutylben-2	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13	14,3		115,741	-80	0,717	1,410	20,5	0,551	0,416	11202	+37,6	870	+42,5	
Nonen-2	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		147-148	-126	0,731	1,490	23,4	0,668	0,465	11325	+33,2	865		
Nonen-4	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		145-147											
2-Methyl-okten-1	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		141,5-143											
2- " " -6	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3													
4- " " -4(od.5)	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		135-138	-126	0,739									
4-Äthyl-heptylen-3	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		139,5		0,731									
2-6 Dimethyl-hepten-3	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3		132-134		0,731									
Decen-1	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3		172	-87	0,735									
2-5 Dimethyl-okten-4 (od.5)	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3		152-157		0,746									
2-6 Dimethyl-okten-1 (od.2)	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3	16,67	163-164		0,756									

08183

POOR COPY

08184

Olefine C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol-Gew.	h in Gewichts%		Siedepunkt C	Schmelzpunkt C	Dichte 20° d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Rechnungs-exponent n <sub>D</sub>	Oberflächen-spannung Dyne/cm	Viskosität 20°C η <sub>sp</sub> /c.p.	Mittl. Heizwert spez. /Hc/v kcal/kg	Mol Bildungswärme kcal/Mol	Oktan-Zahl	Zünd-wert	Bemerkungen
			vom Stoff	vom C											
2-Methyl-3-Methylheptan-2 (od.3)	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3	16,67	175-177		0,757								
2,3,6-Trimethylheptan (5 od.6)	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3		159,5-160		0,758 19								
2,7-Dimethyl-oktan-2	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3		159-162		0,748 20/0								
2-Methyl-5-Ethylheptan-5	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3		158-750		0,761 0								
Undecan-1	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	154,17	14,5		188-190		0,763 20/4								
Dodecan-1	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168,19	14,3		192-195		0,772 25/15							245	
2-Methyl-undecan-2	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168,19			201-752	-31,5	0,762 15/4								
2-Ethyl-undecan-2	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168,19			85-10		0,755 20/4								
2,3,4-Trimethyl-nonan-2	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168,19			76-9		0,777 0								
Tridecan-1	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182,21			177,5	-52	0,760 20	1,431	22,7	1,473	11171	66,2	320		
Tetradecan-1	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196,22			232,7		0,845 0								
Triamlen	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210,24			127-15	-12	0,775 15/4								
2,6-Dimethyl-5-(3-Methylbutyl)nonan-4	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub>	224,25			245-243		0,814								
Hexan-1	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub>	224,25			114-115	10								232	
.....	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238,27													
Oktaheptan-1	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub>	252,29													
.....	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub>	266,30													
.....	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub>	280,32			320										
Non eikosan-9	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub>	294,33	14,3	16,67	202-11	-8	0,806 15/4								

POOR COPY





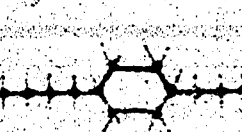




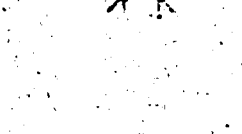



08185

Naphtene C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol.-Gew.	in Gewichte%		Siede-punkt °C p. 760 mm	Schmelz-punkt °C p. 760 mm	Dichte 20°C g/cm <sup>3</sup>	Brechungs-exponent n <sub>D</sub>	Oberflä-chen- spannung Dyn/cm	Viskosität 20°C cP	Mittel- spez. Wärme kcal/kg °C	Heizwert /Ho/r kcal/kg	Mol. Bindungs- wärme kcal/mol.	Oktan-Zünd- zahl	Zünd- wert	Cetanzahl	Flammpunkt	Anilinpunkt	Bemerkungen:	
			von Stoff	von C																
Cyclopropan	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,05	14,3	16,67	-36	-185														
Methyl-cyclo-propan	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,06			4-5°		0,691 20/0													
1,1 Dimethyl-cyclo-propan	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,08			-21		0,680													
Trimethyl 1-2-3 Cyclo-propan	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,10			85/6 748		0,692 22/4													
1,1,2 cyclo-propan	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,10			56-57 750		0,682 20/4													
Cyclobutan	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,06			11-12		0,704 0/4													
Methyl-cyclo-butan	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,08			39-42															
Aethyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,10			72,5		0,745 20/5													
Cyclobutyl-dimethyl-methan	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	126,14			151-154		0,795 19/0													
Cyclo-pentan	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,08			50 754	-106	0,744 20/4	1,406	22,5	0,441			50,8							16,0
Methyl-cyclo-pentan	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,10			72-72,2															
Dimethyl-1-1 cyclo-pentan	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11			87,8		0,755 20/0													
" -1-2 "	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11			92,7-93		0,758 15/0													
" -1-3 "	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11			91-91,5		0,754 20/4													
1 Methyl-2 Aethyl "	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,15			124															
1 " -3 " "	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,15			121 751		0,670 16/4													
n-Butyl-cyclo-pentan	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14	14,3	16,67	155,7 741	-130	0,788 20/4	1,434	25,8	0,573			51,6	25						50,2

Naphthene C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	h in Gewichts-%		Siedepunkt 90. b. 760 mm	Schmelzpunkt 90. b. 760 mm	Dichte 20°C d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Brechungs-exponent n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Oberflächen-spannung Dy <sub>20</sub> /cm	Viskosität 20°C 20°C 20°C c.p.	Wärms. spez. /kg/°C	Heizwert /kg	MO. Bildungs-wärme kcal/MO.	Oktan-zahl	Zünd-wert	Cetanzahl	Flashpunkt	Anilinpunkt	Bemerkungen
			von Stoff	von C															
Cyclohexan	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84,10	14,3	16,67	90,8	6,4	0,777 <sub>20</sub>	1,426	24,58	0,976		11149	36,8		291				
1-Methylcyclohexan	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98,11			100,8	-100	0,770 <sub>20/4</sub>	1,425	24,0	0,727	0,450	11051	51,6		286				
1,1-Dimethyl "	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13			126		0,768 <sub>20/4</sub>												
1,2 " "	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13			125	-99	0,777 <sub>20/4</sub>	1,425	24,4	0,821		11079	57,6		276				
1,3 " "	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13			122	-71	0,770 <sub>20/4</sub>	1,425	23,9	0,690	0,434	11085	56,8		276				
1,4 " "	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	112,13			120		0,770 <sub>20/4</sub>												
1-Ethyl " "	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,13			150	-99	0,767 <sub>20/4</sub>	1,433	25,1	0,843		11131	51,8		272				
1,2,3-Trimethyl "	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14			145-144		0,805 <sub>4</sub>												
1,2,4 " "	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14			137-136	-60	0,772 <sub>20/4</sub>	1,427	23,4	0,651	0,597	11040	66,0		269				
1-Methyl-2-ethyl-cyclo-hexan	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14			150-152														
1 " 3 " "	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14			149-150		0,799 <sub>20/4</sub>												
1 " 4 " "	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14			150		0,790 <sub>17/4</sub>												
Propyl " "	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14			153-154		0,809 <sub>4</sub>												
Isopropyl " "	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	126,14			146		0,812 <sub>4</sub>												
Butyl " "	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16																	
Methyl-propyl " "	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16																	
1-Methyl-isopropyl-cyclo-hexan	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>	140,16	14,3	16,67	169-170		0,815 <sub>4</sub>								263				

08186  
Bemerkungen

Naphthene C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	h in Gewichts-% von Stoff C	Siede- punkt °C b. 760 mm	Schmelz- punkt °C b. 760 mm	Dichte d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Brechungs- exponent n <sub>D</sub>	Optischer Rotations- wert α <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Viskosität cP 20° c.p.	Wärmeleitf. Mittl. spez. Wärme /cm <sup>2</sup> /s	Kalorwert /kcal/kg	Wärmeleitf. Mittl. spez. Wärme /cm <sup>2</sup> /s	Art und Zahl der Isomere	Umwandlung	Flammpunkt	Anilinpunkt	Bemerkungen
1 Methyl-4 isopropyl- 2-ethyl-cyclo-hexan	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> 	168,19	14,3	16,67	207-208	0,825 20°											
1-3 Dithyl-cyclo-hexan	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> 	140,16			169-171	0,796 22/4											
Methyl-butyl-cyclo- hexan	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> 	154,17															
1,3 Dimethyl-5 isobutyl cyclo-hexan	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> 	168,19			193-195	0,825											
1-4 Dibutyl-cyclo- hexan	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> 	196,22			243-244												
Cycloheptan	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> 	98,11			117	0,816 15											
Aethyl-cyclo-heptan	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> 	126,14			163	0,815 20°											
1-2 Dimethyl	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> 	126,14			150-152												
Cyclo octan	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> 	112,13			147-148	0,820 20/4											
Cyclo nonan	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> 	126,14			170-171	0,778 18/4											
D-Cyclo decan	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> 	280,32	14,3	17,67	201												





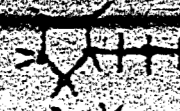





08187

POOR COPY

08188

Acetylen $C_nH_{2n-2}$	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	in Gewichts-%		Siede- punkt °C p. 760 mm	Schmelz- punkt °C p. 760 mm	Dichte d 20° 4°	Brechungs- exponent $n_D$	Oberflächen- spannung dyn/cm	Viskosität 20°C cp	Mittel- spez. Wärme /cal/kg /cp/m	Heizwert /kcal/kg	Spez. Wärme /kcal/kg	Oktan Zahl	Zin wer	Ostentahl	Flammpunkt	Anilinpunkt	Bemerkungen
			von Stoff	von C															
Acetylen	$C_2H_2$	26,08	7,7	8,85															
Propylen	$C_3H_4$	40,05	10,0	11,11															
Aethylen-acetylen	$C_4H_6$	54,05	11,1	12,5	18														
Isopropylen	$C_4H_6$	54,05	11,1	12,5	27														
Methyl-äthyl-acetylen	$C_4H_6$	54,05	11,1	12,5	55														
n-Propyl-acetylen	$C_5H_8$	68,06	11,8	13,3	48														
Isopropyl-acetylen	$C_5H_8$	68,06	11,8	13,3	55														
Methyl-Propyl-acetylen	$C_6H_{10}$	82,08	12,2	13,9	64														
Diolefine $C_nH_{2n-2}$																			
Propadien	$C_3H_4$	40,05	10,0	11,11															
Butadien	$C_4H_6$	54,05	11,1	12,5	5														
Methyl-butadien (Iso- pren)	$C_5H_8$	68,06	11,8	13,3	55														
2-3 Dimethyl-butadien	$C_6H_{10}$	82,08	12,2	13,9	68,5														
1-1-5 Trimethyl-buta- dien	$C_6H_{10}$	82,08	12,2	13,9	95														
Pentadien (Piperylen)	$C_5H_8$	68,06	11,8	13,3	42														
Hexadien 1 - 5	$C_6H_{10}$	82,08	12,2	13,9	59														
2-5 Dimethyl-1-5 hexa- dien	$C_8H_{14}$	110,11	12,8	14,6	139														
1-1-5 Trimethyl-1-5- hexadien	$C_8H_{14}$	110,11	12,8	14,6	141														
1-4 Heptadien	$C_7H_{12}$	96,10	12,6	14,3															
1-4 Oktadien	$C_8H_{14}$	110,11	12,8	14,6	186														

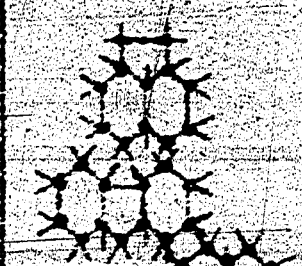

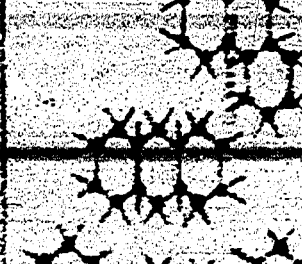
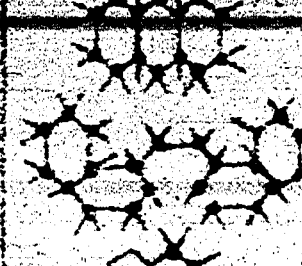
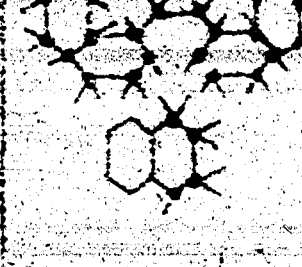
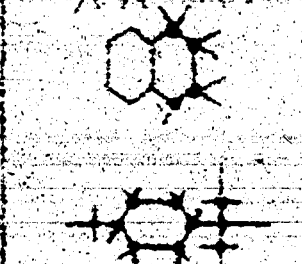
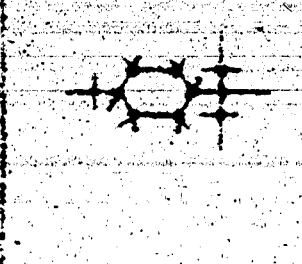
POOR COPY 4

Cyclodielefine C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub>		Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	in Gew. vom Stoff	Oktav. von C	Siede- punkt °C b. 760 mm	Schmelz- punkt °C b. 760 mm	Dichte d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Brechungs- exponent n <sub>D</sub>	Oberflächenspannung Dyne/cm	Viskosität 20°C c.p.	Mittl. spez. Wärme cp/m	Heiswert /kcal/kg	Mol. Bildungswärme Kcal/mol	Oktan- zahl	Zünd- wert	Bemerkungen
C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub>	Struktur-Formel																
Cylobuten	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>		54,06	11,1	12,5												
Cyklopenten	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>		68,06	11,8	13,3	45,5 75°C	-135	0,770	1,422	22,4	0,345			5,3			
Cyklohexen	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>		82,08	12,5	13,9	81-82	-112	0,807 80/4	1,445	26,1	0,595	0,513	10805	9,2	802		
Menthen	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>		138,14	15,1	15,0	167											
Methyl-cyklo-penten	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>					155-160 75°C	-100	0,807	1,442	25,2	0,537			38,9	234		
Methyl-cyklo-hexen	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub>		96,10	12,6		104-106 75°C	-160	0,801-4	1,445	25,5	0,597	0,392	10397	21,6	277		
Cyclodielefine C <sub>n</sub> H <sub>2n-4</sub>																	
Cyklopentadien	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub>		66,06	9,1	10,0	41											
1,3 Cyklohexadien	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub>		80,06	10,0	11,11	81											
1,4 " "	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub>		80,06	10,0	11,11	85											
1,5 " oktadien	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub>		106,10	11,1	12,5	144											

Bicycloparaffine C <sub>n</sub> H <sub>2n-2</sub>	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	M in Gewichts-% vom Stoff	M in Gewichts-% vom C	Siedepunkt °C b. 760 mm	Schmelzpunkt °C b. 760 mm	Dichte d 20°C	Brechungs-exponent n <sub>D</sub>	Oberflächen-tension dyn/cm	Viskosität 20°C	Mittl. spez. Wärme /cp/m	Heizwert /Kcal/kg	Mol. Bindungs-wärme /Kcal/Mol	Oktan-zahl	Str. wert	Bemerkungen
Hyndrinan	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub>	124,18	15,0	14,6	164-165		0,873				0,595	10953				
Camphan (Isomeren)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	138,14	15,1	15,0	160-162	153										
Dekalin	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	138,14	15,1	15,0	190		0,884				0,379	10928				
3-Methyl-Dekalin	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub>	152,16	15,2	15,15	204-206		0,884	80/4								
1,2-Dimethyl-Dekalin	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub>	166,18	15,3	15,28	217-220											
Diäthyl-	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub>	194,21	15,5	15,48	250-250											
1-Isopropyl-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	180,19	15,4	15,40	260-280											
Di-Isopropyl-	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub>	222,24	15,6	15,66	280-290											
Butyl-	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub>	194,21	15,5	15,48	220-260											
Di-Butyl-	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub>	250,27	15,7	15,74	300-335											
Bicyclo-nonan	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub>	124,18	15,0	14,8	163-164		0,876	23								
Methyl-bicyclo 1,3,3-nonan	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	138,14	15,1	15,0	176-178 751		0,842	80/4								
Bicyclo-heptyl	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub>	166,17	15,3	15,28	234-237											
" " - methan	C <sub>13</sub> H <sub>24</sub>	180,19	15,4	15,40	250											
" " - Methan	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub>	194,21	15,5	15,48	272-276											
Tricyclodekan	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	138,14	15,1	15,0		9	0,949	20/8								

POOR COPY

08191

Hydrierte polyaromatische Kern	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	in Gewichts-%		Siede- punkt °C b. 760 mm	Schmelz- punkt °C b. 760 mm	Dichte d <sub>20</sub> <sup>20</sup>	Brechungs- exponent n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Oberflächen- spannung Dyne/cm	Viskosität 20°C c.p.	Mittl. spez. Wärme /°C/m	Heiswert /Hc/v kcal/kg	Mol-Bildungs- wärme Kcal/mol	Oktan Zahl	Zünd- wert	Oktanahl.	Flammpunkt	Anilinpunkt	Bemerkungen
			von Stoff	von O															
Perhydro-Indenaphten	<chem>C12H20</chem> 	164	12,2	13,8	235-236														
- Fluoren	<chem>C13H22</chem> 	178	12,3	14,1	230														
- phenanthren	<chem>C14H24</chem> 	192	12,5	14,3	270-275		0,933												
- acenaphthen	<chem>C14H24</chem> 	192	12,5	14,3	270	80													
- picon	<chem>C22H36</chem> 	300	12,0	13,6	360	175													
Tetralin-Tetrahydro- naphthalin	<chem>C10H12</chem> 	132,10	9,2	10,0	205-206 751	-37,5	0,971 80/4	1,544	27,0	2,234	0,484	10 062	+17,0	404					
Menthen (Hexahydro- p-cymol)	<chem>C10H20</chem> 	140,2	14,4	76,7	169 74E	-100	0,792/4	1,439	26,6	1,114	0,379	11 064	+73,1	267					

DOOR  
COPY

Aromaten	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	h in Gewichts-%		Siede- punkt °C b. 760 mm	Schmelz- punkt °C b. 760 mm	Dichte 20°C d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Brechungs- exponent n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Oberflächen- spannung dyn/cm	Viskosität 20°C η <sub>sp</sub> cp/m	Mittl. Heizwert /Hc/v kcal/kg	Spez. Wärme 20°C kcal/mol	Oktan Zünd- zahl	Zünd- wert	Gefahr- klasse	Flamm- punkt	Anfangs- punkt	Bemerkungen
			von Stoff	von C														
Benzol	<chem>C6H6</chem>	78,06	7,7	8,55	80,4	-4	0,879 20/4											
Naphthalin	<chem>C10H8</chem>	128,06	6,2	6,87	218	80												
Anthracen	<chem>C14H10</chem>	178,08	5,6	5,96	351	213												
Phenanthren	<chem>C14H10</chem>	178,08	5,5	5,55	335													
Benzol	<chem>C6H6</chem>	78,06	7,3	8,55	80,4	-4	0,879 20/4											
Toluol	<chem>C7H8</chem>	92,06	8,7	9,58	110,5	-9,2	0,869 18/4	1,495	20	0,592								
o-Xylol	<chem>C8H10</chem>	106,08	9,5	10,42	142													
m " "	<chem>C8H10</chem>	106,08	9,5	10,42	138,9	-63	0,864 20/4	1,497	20	0,535	0,404	10 251	+ 9,5				über 600	
p " "	<chem>C8H10</chem>	106,08	9,5	10,42	138	+12,2	0,861 20/4	1,496	20	0,654		10 257	+ 6,6				über 600	
Aethyl-Benzol	<chem>C8H10</chem>	106,08	9,5	10,42	185	-84	0,867 20/4	1,495	20	1,573	0,410	10 245	+ 7,9				520	
1,2,3-Trimethyl-benzol (Mesitilithol)	<chem>C9H12</chem>	120,10	10,0	11,11	178													
1,3,5 " " (Mesitylen)	<chem>C9H12</chem>	120,10	10,0	11,11	163-165 748	-57,5	0,859 20/4	1,493	20	0,737		10 310	17,1				über 600	
1,2,4 " " (Pseudocumol)	<chem>C9H12</chem>	120,10	10,0	11,11	169,8	-45,5	0,875 20/4	1,504	20	0,845	0,478	10 302	-17,3				über 600	
Aethyl-Methyl-benzol	<chem>C9H12</chem>	120,10	10,0	11,11	168													
n-Propyl-benzol	<chem>C9H12</chem>	120,10	10,0	11,11	167													
Isopropyl- " " (Cumol)	<chem>C9H12</chem>	120,10	10,0	11,11	164,754	85	0,861 20/4	1,491	20	0,787	0,404	10 333	+ 14,5				500	

POOR COPY












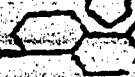




Aromaten	Summen- und Struktur - Formel	Mol. Gew.	h		Siede- punkt °C p. 760 mm	Schmelz- punkt °C p. 760 mm	Dichte d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	Brechungs- exponent n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Oberflächen- spannung dyne/cm	Viskosität 20°C c.p.	Mittl. spez. Wärme /cal/m <sup>2</sup>	Heiswert /kcal/kg	Mol. Bildungswärme kcal/mol	Oktan-Zünd- zahl	Zünd- wert	Schmelzpunkt	Siedepunkt	Mol. Gewicht
			in Gewichts-% vom Stoff	in Gewichts-% vom O														
1,2,3,4 Tetramethyl- benzol	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,5	11,67	204													
1,2,3,5 "	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,6	11,67	195-197													
1,2,4,5 "	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,5	11,67	190	79	0,858	1,41										
Äthyl-Dimethyl- (6Jsom)	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,6	11,67														
Dimethyl-	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,5	11,67	181,4													
Methyl-Propyl- (6Jsom)	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,5	11,67	176	-73,5	0,856	1,40										
-Cumol	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,5	11,67	175	-68	0,858	1,400	27,5	0,672	10591	25,6		511				
1 Methyl-4-Isopropylben- zol = p-Cymol	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,5	11,67	175													
Butyl- benzol (4Jsom)	<chem>C10H14</chem> 	134,11	10,5	11,67	167-180													
Pentamethyl-	<chem>C11H16</chem> 	148,18	10,9	12,12	231													
Äthyl-	<chem>C11H16</chem> 	148,18	10,9	12,12	194													
Hexamethyl-	<chem>C12H18</chem> 	162,14	11,2	12,50	164													
Triäthyl-	<chem>C12H18</chem> 	162,14	11,2	12,50														
Oktyl-	<chem>C14H22</chem> 	190,17	11,7	13,10														
Tetraäthyl-	<chem>C18H30</chem> 	246,24	12,3	13,90														
Diäthyl-toluol	<chem>C11H16</chem> 	150,14	12,2	13,64	198-200													
Styrol	<chem>C8H8</chem> 	104,06	7,8	8,33	144													
Phenylacetylen	<chem>C8H6</chem> 	102,05	6,0	6,25	142													

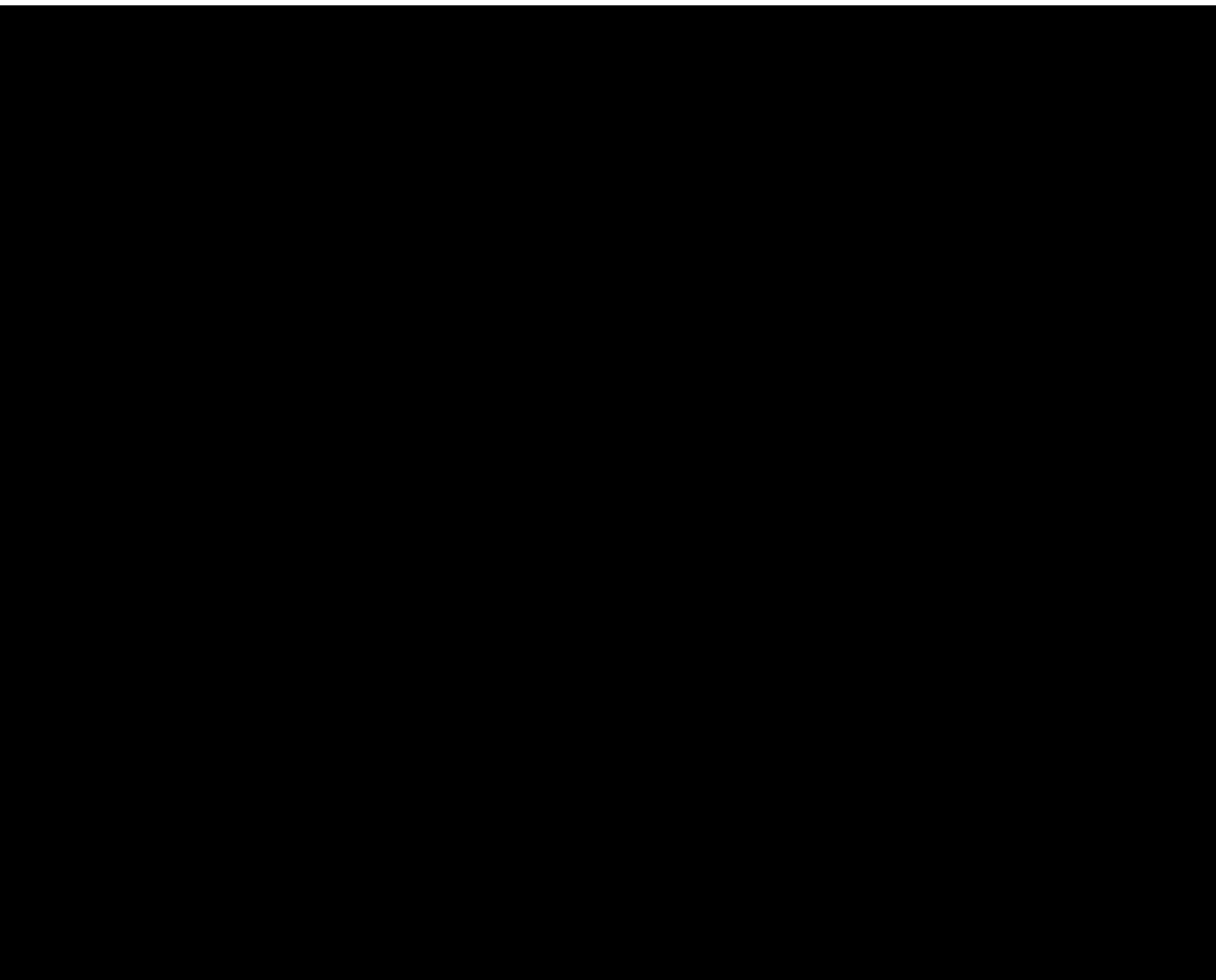
DOOR  
DOOR

08194

Aromaten mit mehr Benzol-Kernen	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	h		Siede- punkt °C b. 760 mm	Schmelz- punkt °C b. 760 mm	Dichte g/cm <sup>3</sup> 40°	Explosions- grenzen %	Viskosität cP 20°C	Mittl. spez. Wärme /g·°C	Wärwert /kcal/kg	Oktan- zahl	Zünd- wert	Bemerkungen
			in Gewichts- % von Stoff	von C										
Diphenyl	<chem>C12H10</chem>	154,08	6,5	6,94	255	70								
p-Tolylphenyl (3)	<chem>C13H12</chem>	168,10	7,2	7,70	265	-3								
Diphenylmethan	<chem>C13H12</chem>	168,10	7,2	7,70	260	36								
p-Methyl-Diphenylmethan	<chem>C14H14</chem>	182,11	7,7	8,33	270									
Diphenyl-Äthan	<chem>C14H14</chem>	182,11	7,7	8,33	262									
Diphenyläthylen	<chem>C14H12</chem>	180,10	6,7	7,14	307	124								
Diphenylacetylen	<chem>C14H10</chem>	178,08	5,7	5,96		90								
Triphenylmethan	<chem>C19H16</chem>	244,13	6,6	7,0		93								
Tetraphenyläthylen	<chem>C20H20</chem>	332,16	6,0	6,41	420	231								
Triphenylbenzol	<chem>C24H18</chem>	306,14	5,8	6,25		169								

POOR  
COPY

Name	Summen- und Struktur-Formel	Mol. Gew.	h in Gewichts%		Siede- punkt °C b. 760 mm	Schmelz- punkt °C b. 760 mm	Dichte d <sub>4</sub> <sup>20°</sup> g/cm <sup>3</sup>	Brechungs- exponent n <sub>D</sub>	Oberflächen- spannung dyne/cm	Viskosität η <sub>sp</sub> /c 20°C c.p.	Mittl. spez. Wärme /cp/m	Heiz- wert /Ho/v kcal/kg	Mol. Bildungswärme kcal/mol	Oktan zahl	Zu- we	Detonash. Flammpunkt Anilinpunkt	Bemerkungen
			vom Stoff	vom C													
Benzol	<chem>C6H6</chem> 	78,11	85,6	100,0	80,1	5	1,027	1,501	28,9	0,727	128,1	43,8	10,0				
Naphthalin	<chem>C10H8</chem> 	128,17	90,2	100,0	218	-80	0,981	2,14	0,9	12,5	10,1	12,3					
1-Methylnaphthalin	<chem>C11H10</chem> 	142,17	88,5	100,0	252		0,965	2,2	0,8	11,5	10,5	12,5					
2-Methylnaphthalin	<chem>C11H10</chem> 	142,17	88,5	100,0	252		0,965	2,2	0,8	11,5	10,5	12,5					
Acenaphthen	<chem>C12H10</chem> 	154,19	86,8	100,0	294	116	0,950	2,3	0,7	11,0	11,0	12,5					
Fluorenen	<chem>C13H10</chem> 	166,19	85,0	100,0	301	213	0,935	2,4	0,6	10,5	11,5	12,5					
Anthracen	<chem>C14H10</chem> 	178,19	83,2	100,0	340	99	0,920	2,5	0,5	10,0	12,0	12,5					
Phenanthren	<chem>C14H10</chem> 	178,19	83,2	100,0	340	99	0,920	2,5	0,5	10,0	12,0	12,5					
Inden	<chem>C9H8</chem> 	116,15	87,8	100,0	294	98	0,935	2,2	0,7	11,0	11,0	12,5					
Baytacen	<chem>C18H12</chem> 	228,09	85,3	100,0	335		0,910	2,6	0,4	9,5	12,5	12,5					
Chrysen	<chem>C18H12</chem> 	228,09	85,3	100,0	443	250	0,900	2,7	0,3	9,0	12,5	12,5					
Pyren	<chem>C16H10</chem> 	202,08	83,0	100,0	348	148	0,890	2,8	0,2	8,5	12,5	12,5					
Fluoren	<chem>C22H14</chem> 	278,11	80,0	100,0	364	364	0,880	2,9	0,1	8,0	12,5	12,5					
Perylen	<chem>C20H12</chem> 	252,10	77,0	100,0	365	265	0,870	3,0	0,0	7,5	12,5	12,5					



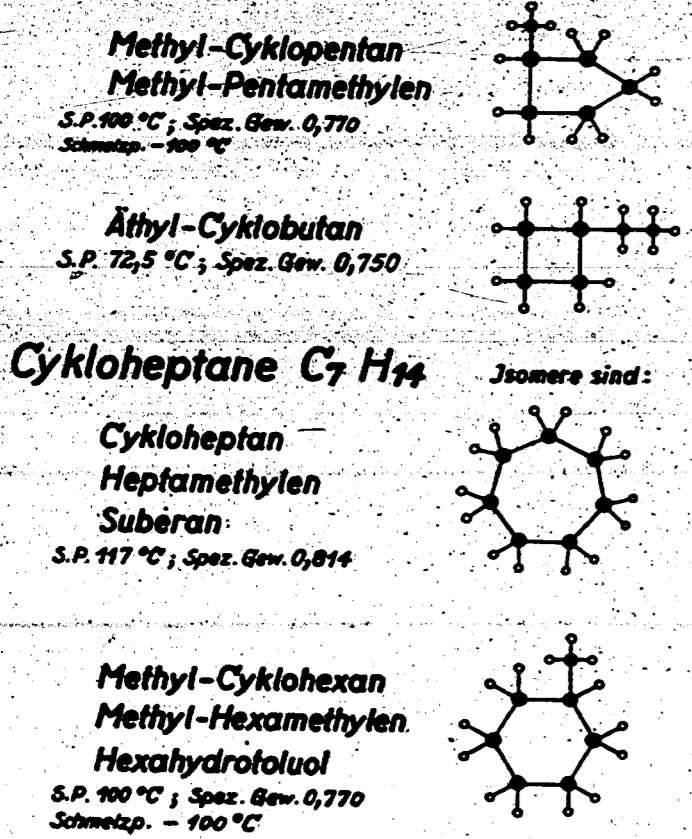
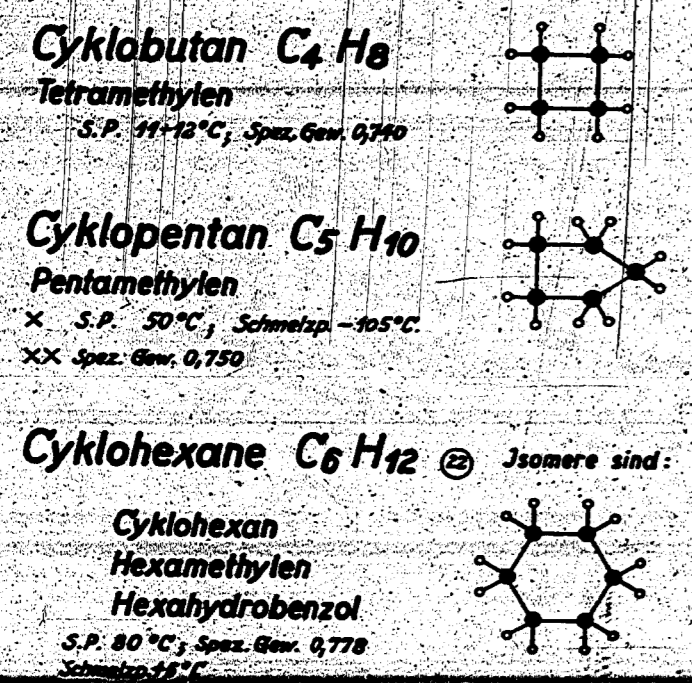


### Cyklische Kohlenwasserstoffe Kohlenwasserstoffe mit ringförmiger Bindung

#### 1. Naphthene Cykloparaffine Polymethylen Perhydroaromaten

Formel:  $C_n H_{2n}$   
Nur einfache, keine Doppelbindungen

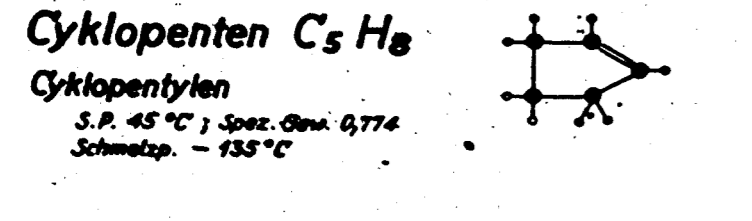
Homologe



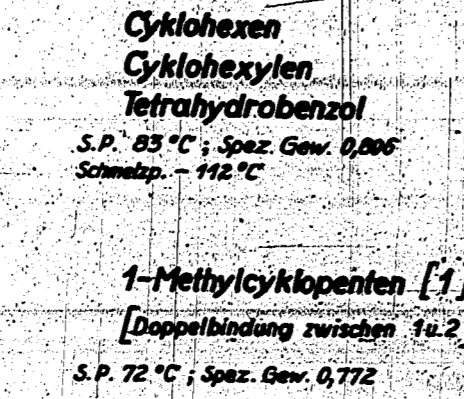
#### 2. Cyklo-Olefine Cyklo-Alkene

Formel:  $C_n H_{2n-2}$  Eine Doppelbindung

Homologe



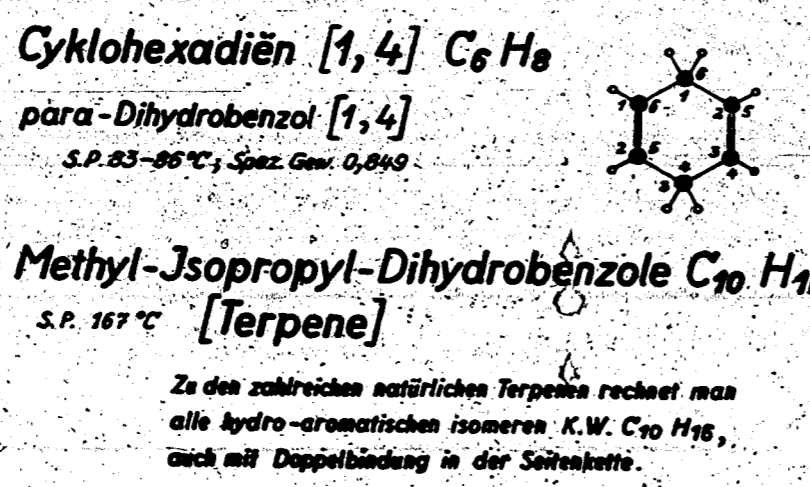
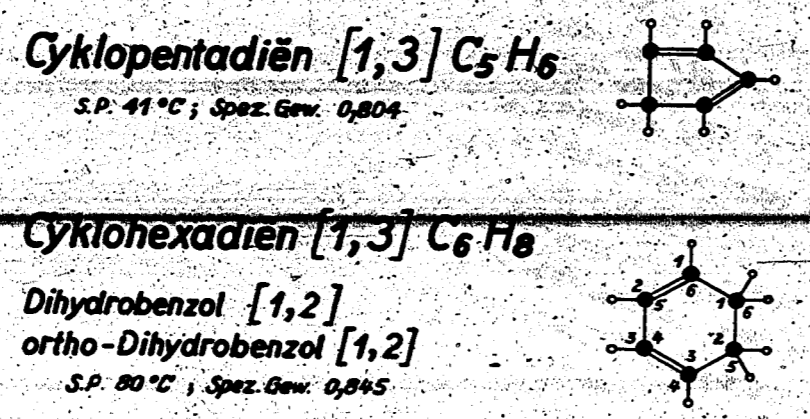
#### Cyklohexene $C_6 H_{10}$



#### 3. Cyklo-[Di]Olefine

Formel:  $C_n H_{2n-4}$  Zwei Doppelbindungen

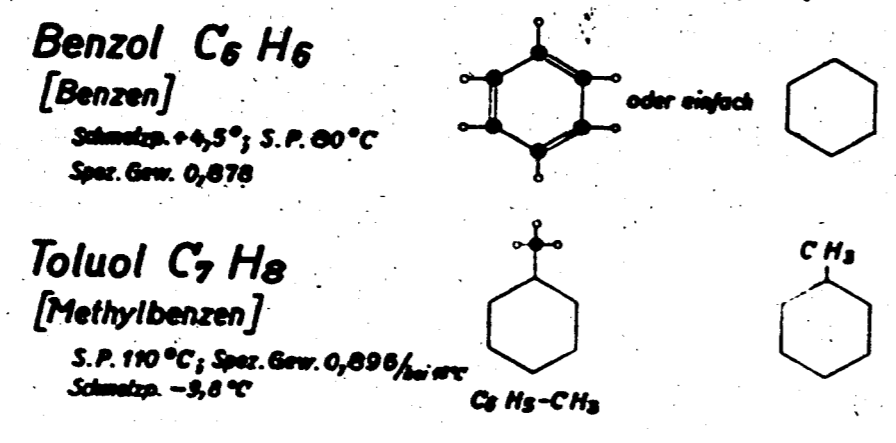
Homologe



#### 4. Aromaten-Benzol-K.W.

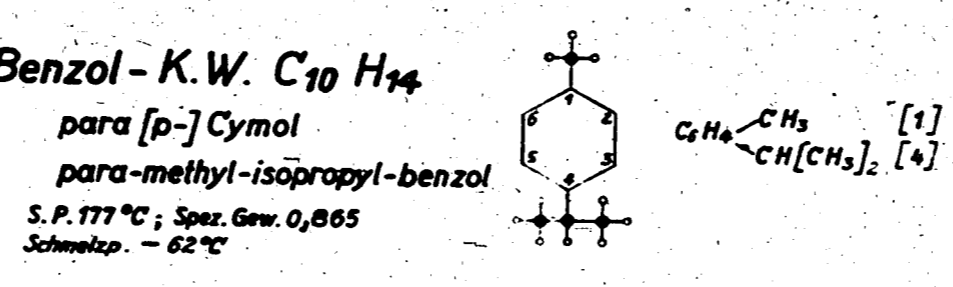
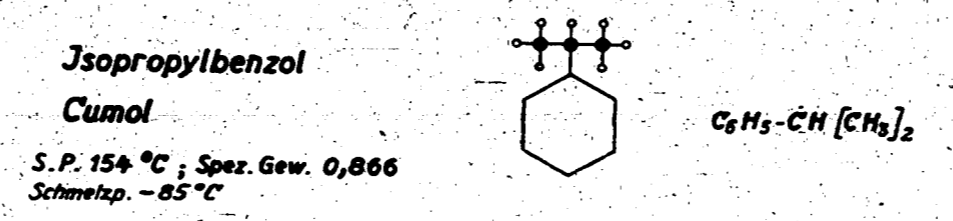
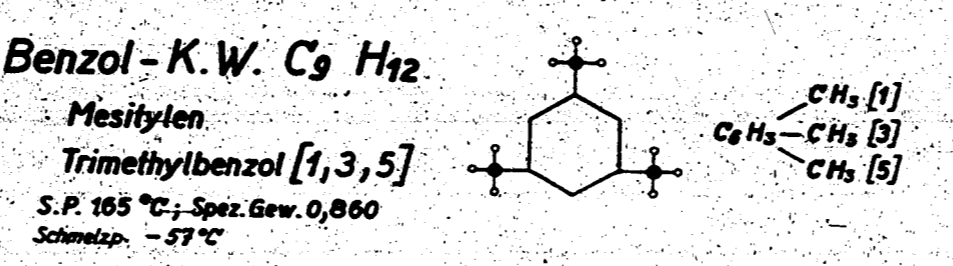
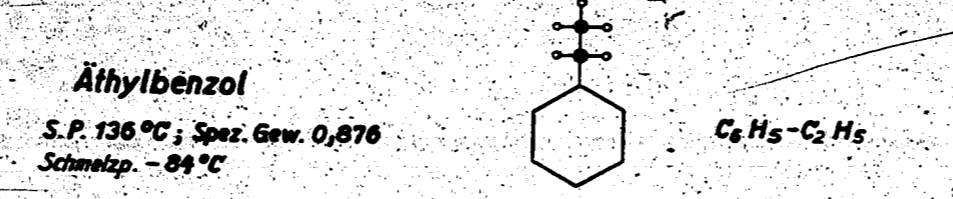
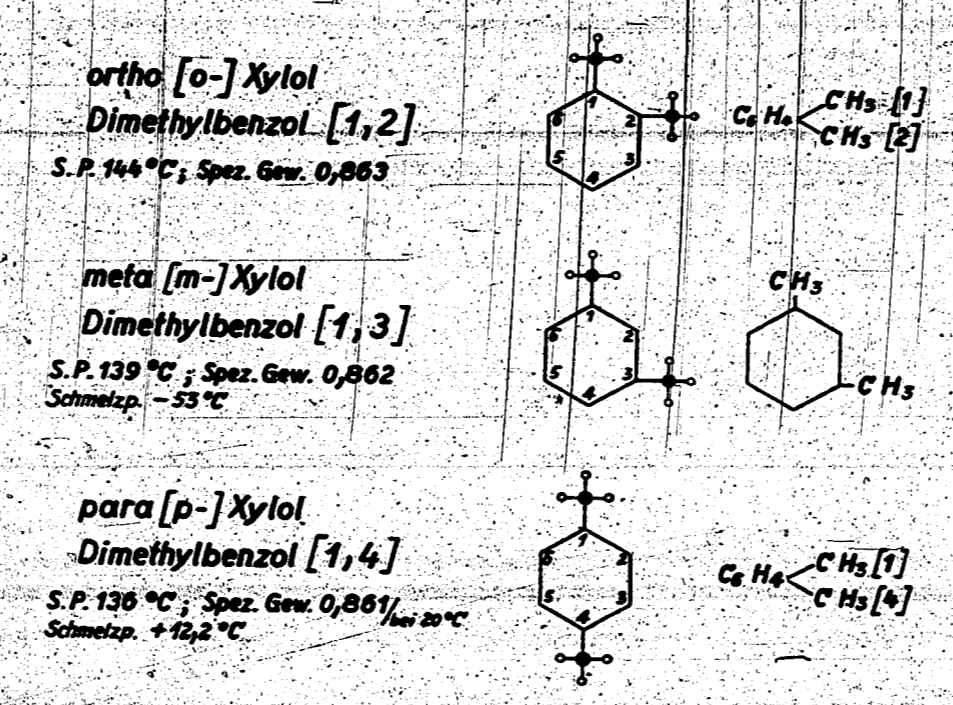
Formel:  $C_n H_{2n-6}$  Drei aromatische Bindungen

Homologe

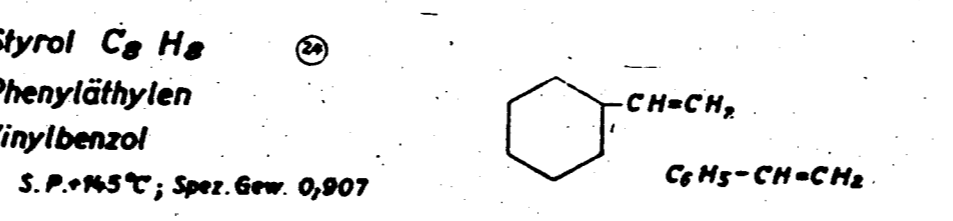


#### Benzol-K.W. $C_6 H_{10}$

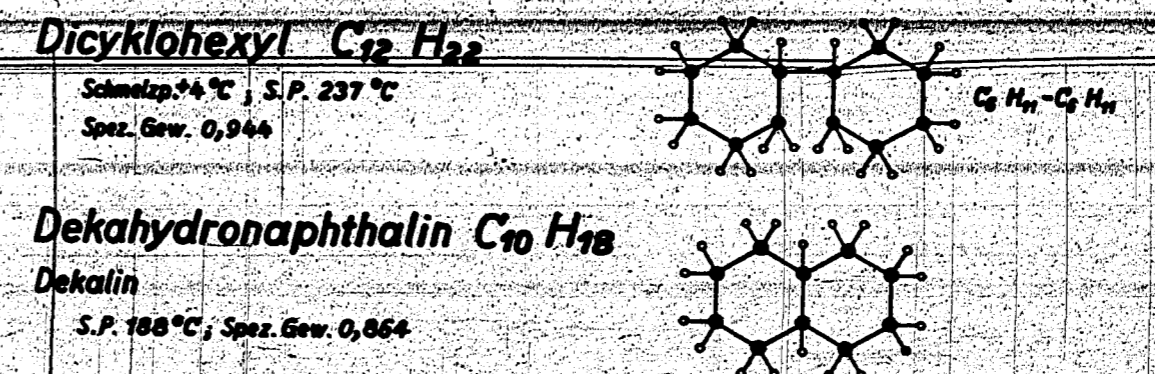
Xylole, Dimethylbenzole; man unterscheidet je nach der Stellung der Methyl-Radikale ortho [1,2], meta [1,3] und para-Xylol [1,4]



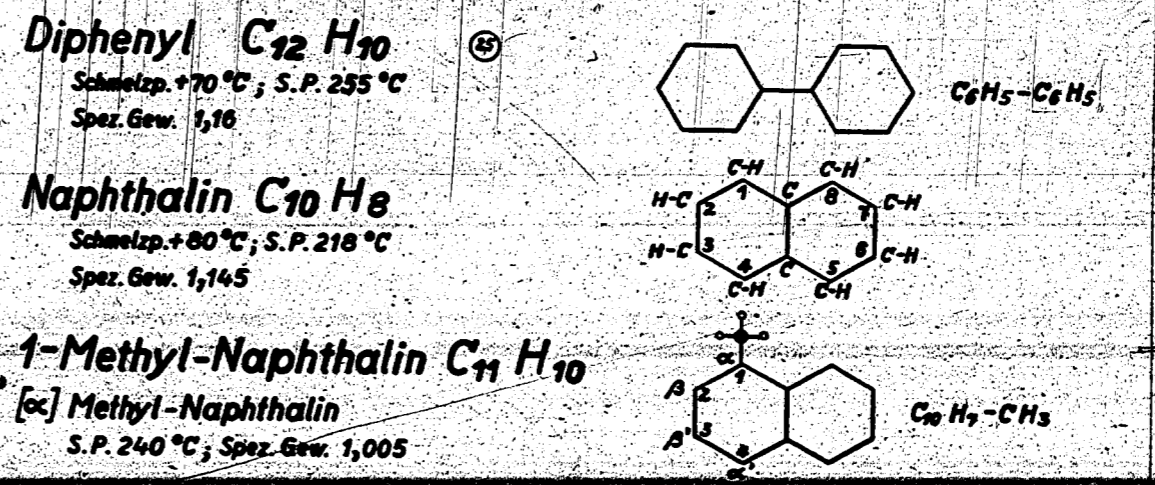
Aromatische K.W. mit olefinischer Seitenkette



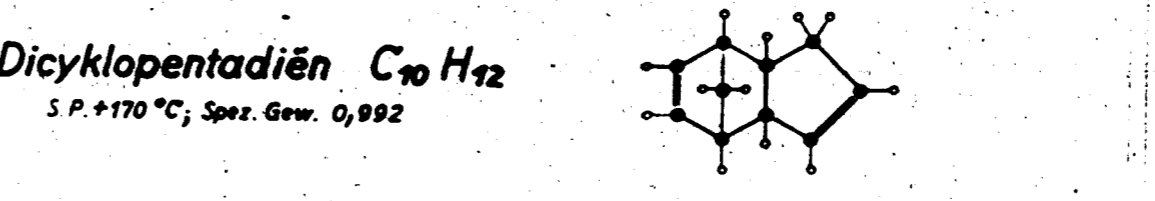
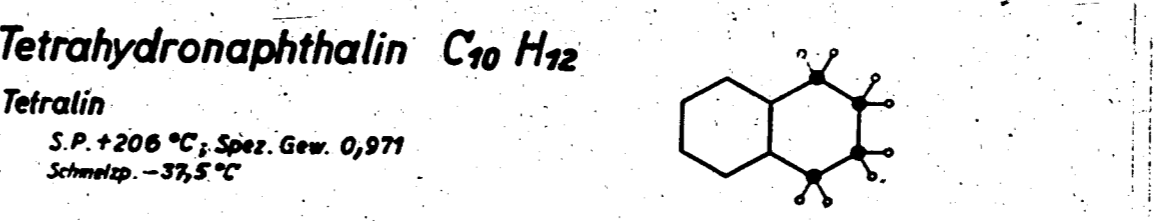
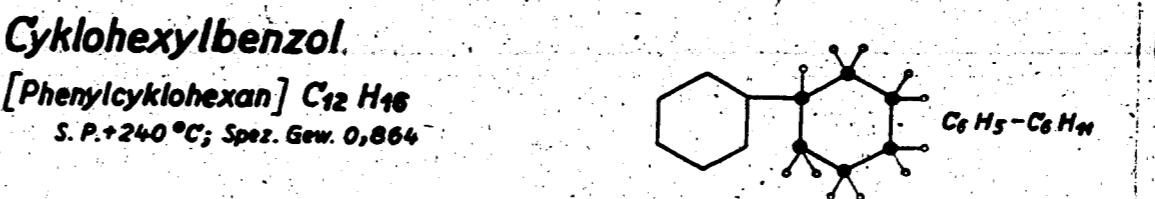
#### 5. Polycyclische Naphthene



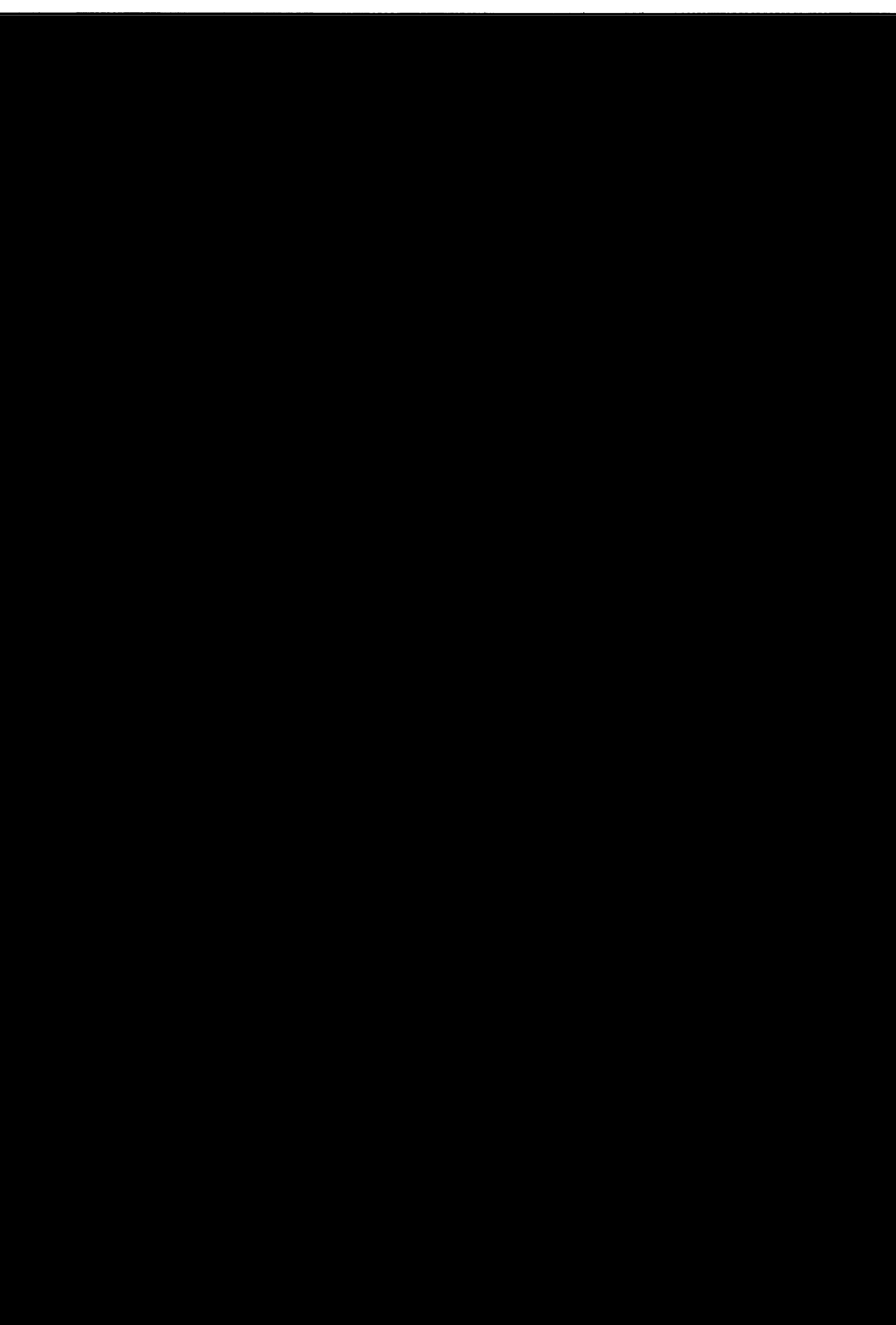
#### 6. Polycyclische Aromaten

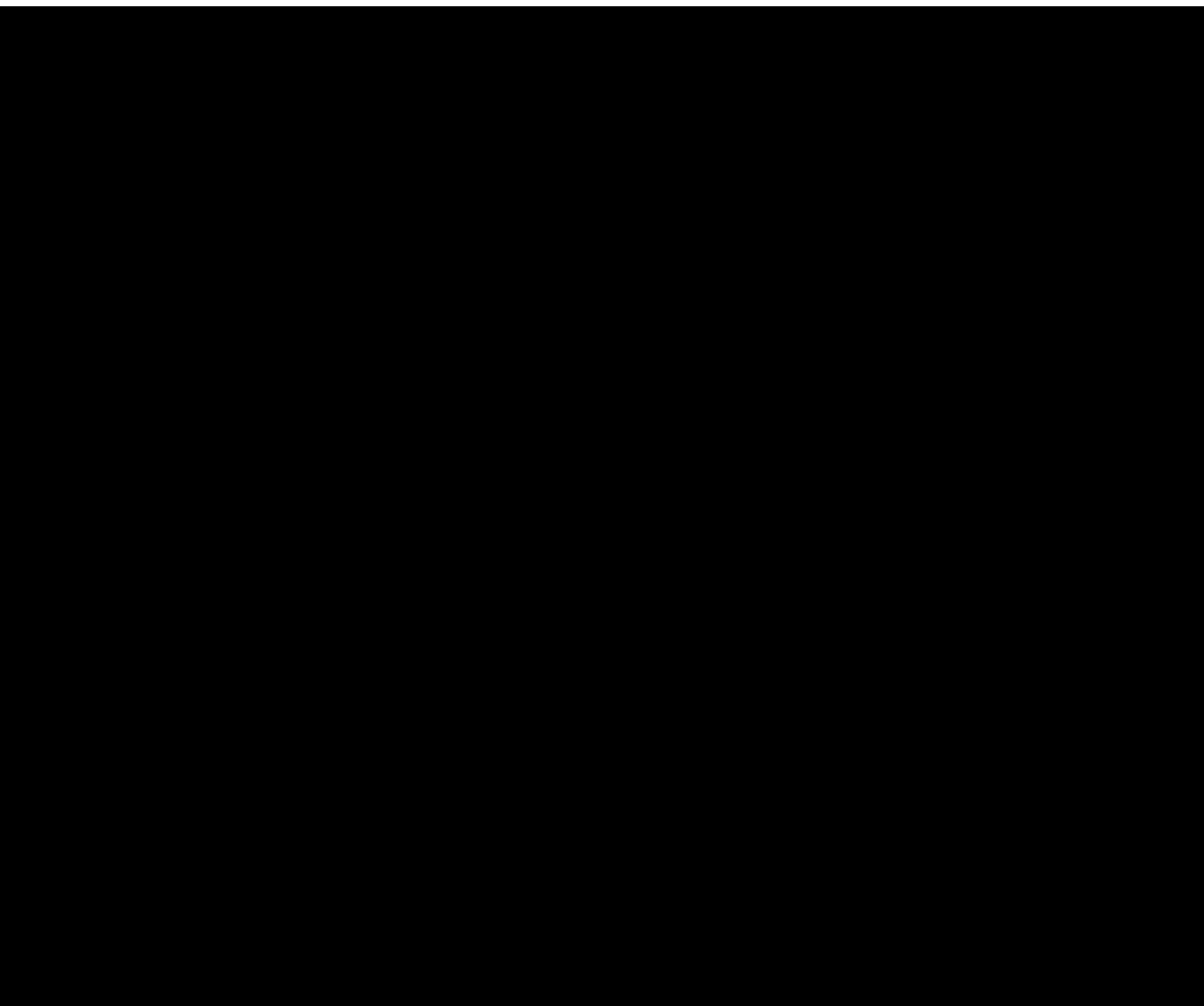


#### 7. Kombinationen naphthenischer, aromatischer u. ungesättigter Ringe

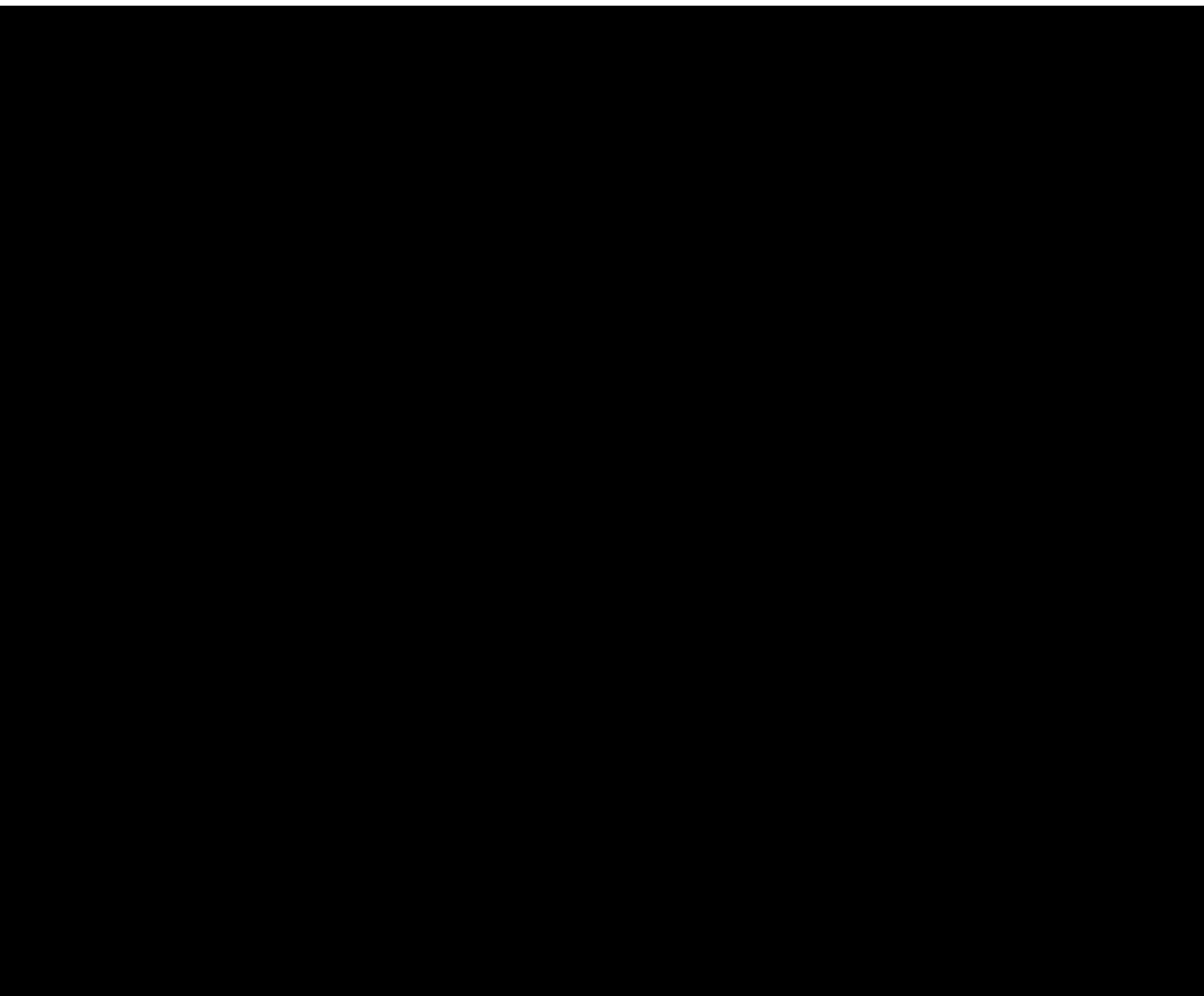


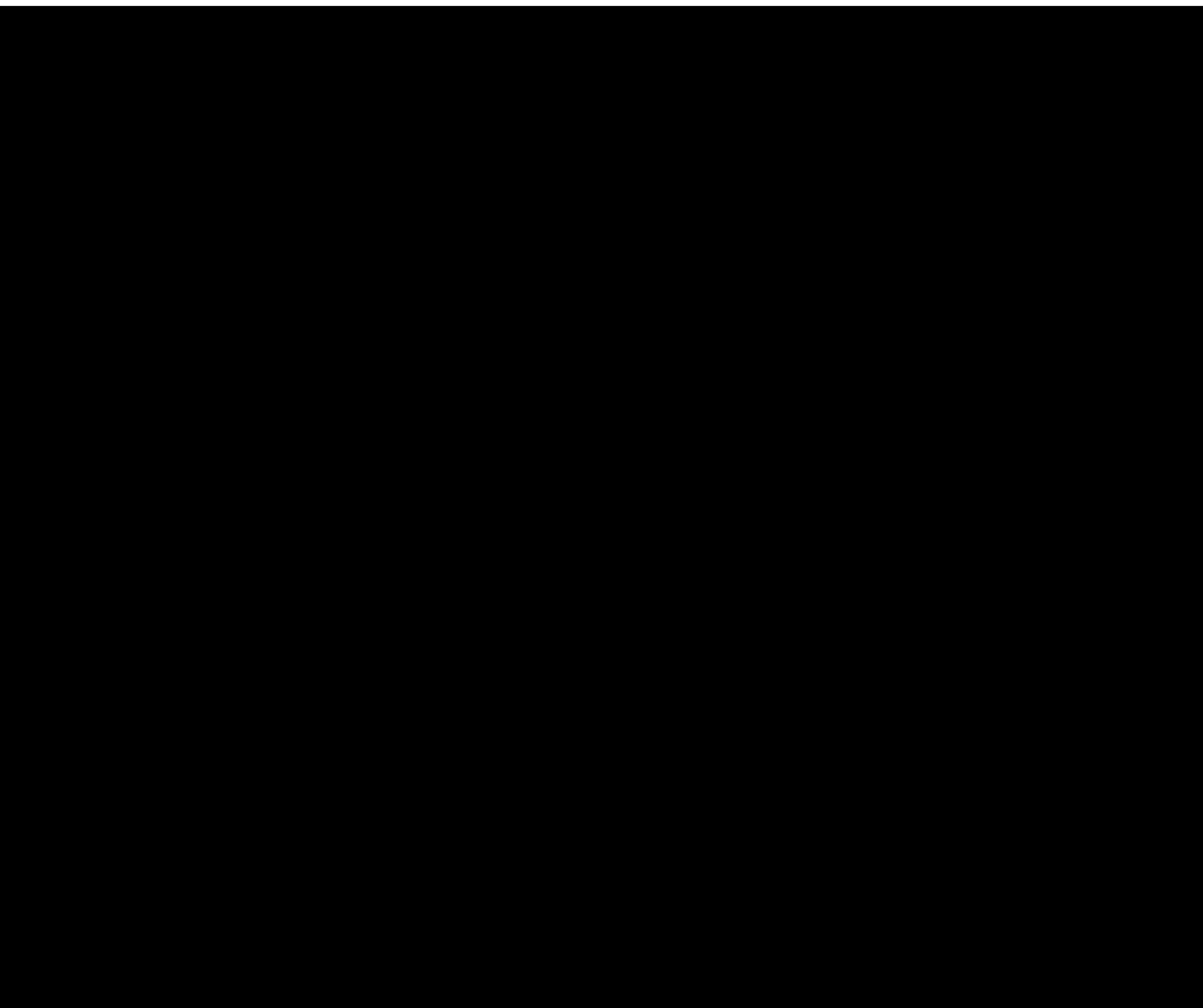
X Der Siedepunkt [S.P.] bezieht sich, wenn nichts besonderes angegeben ist auf 760 mm Hg  
X.X. Das spez. Gewicht . . . . .  $15^\circ C$  (Ausser beim 0,771)

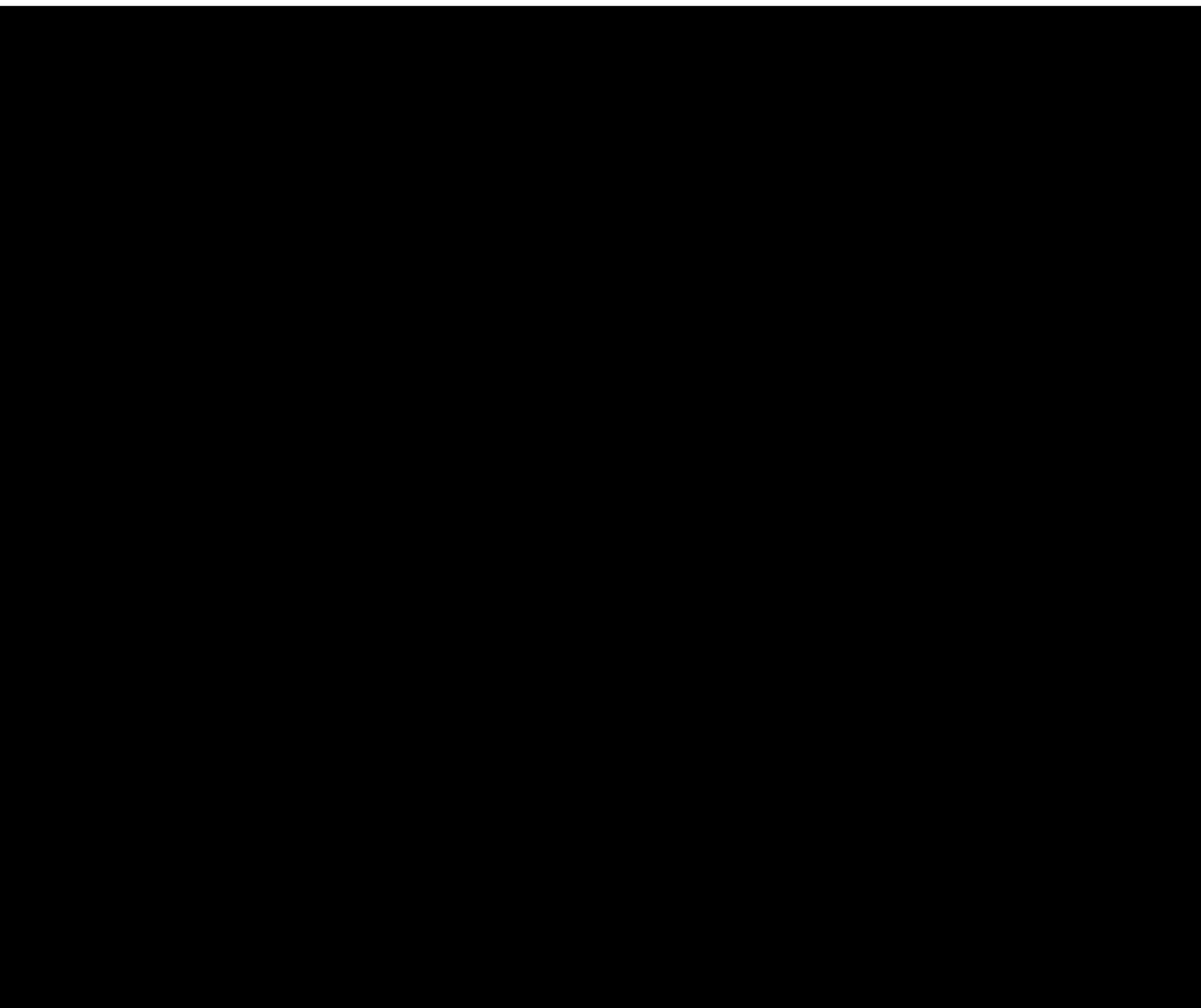


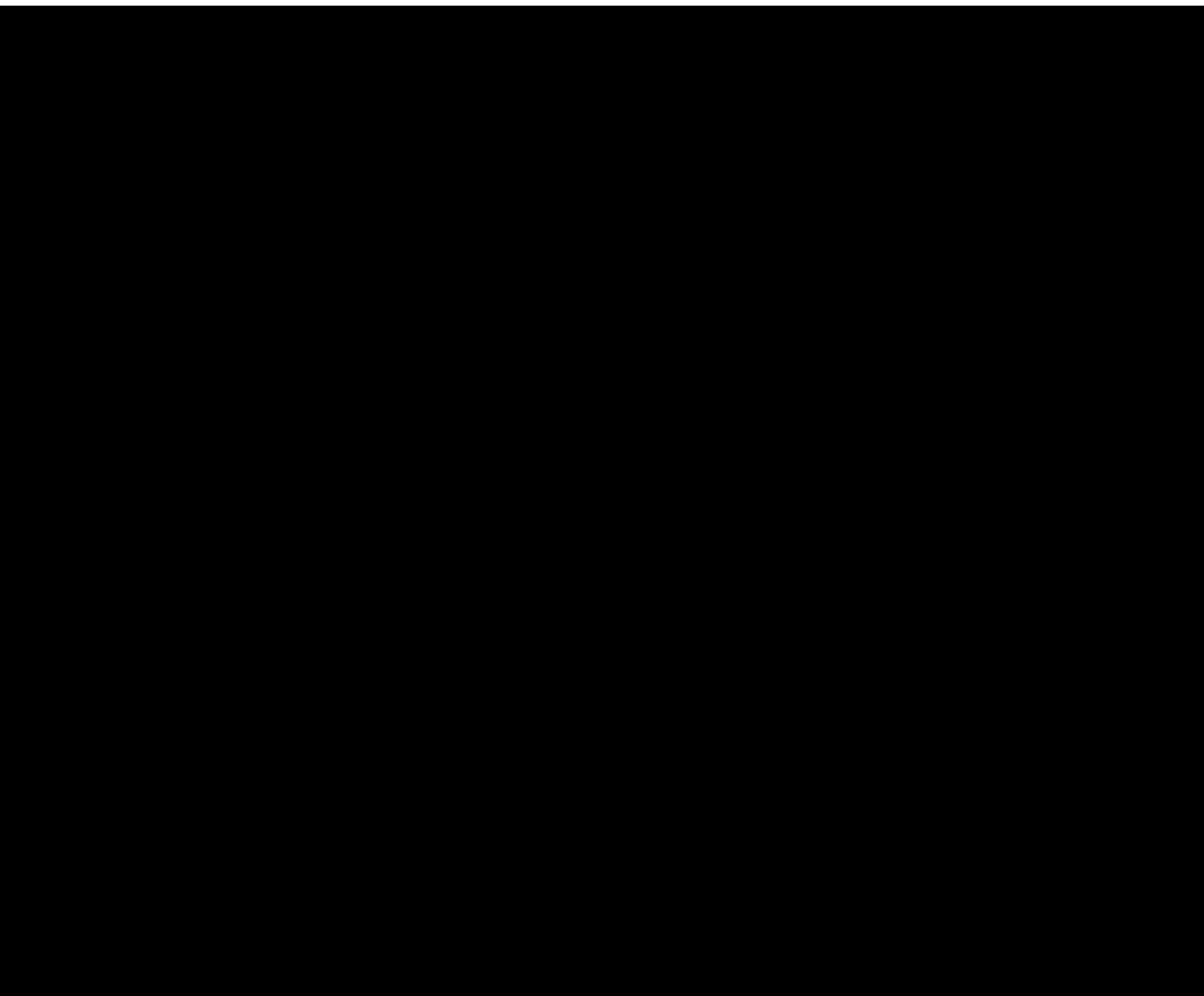


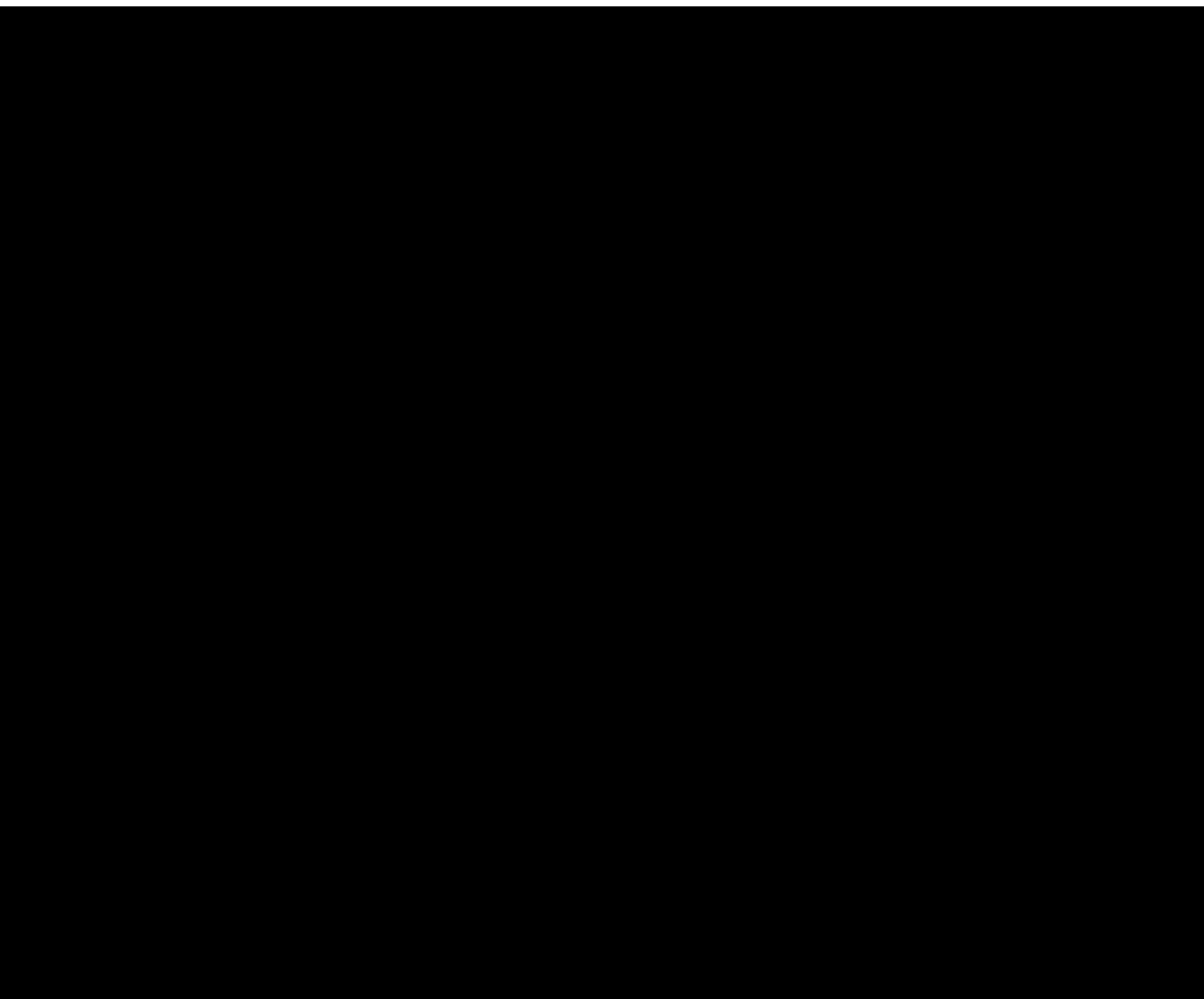


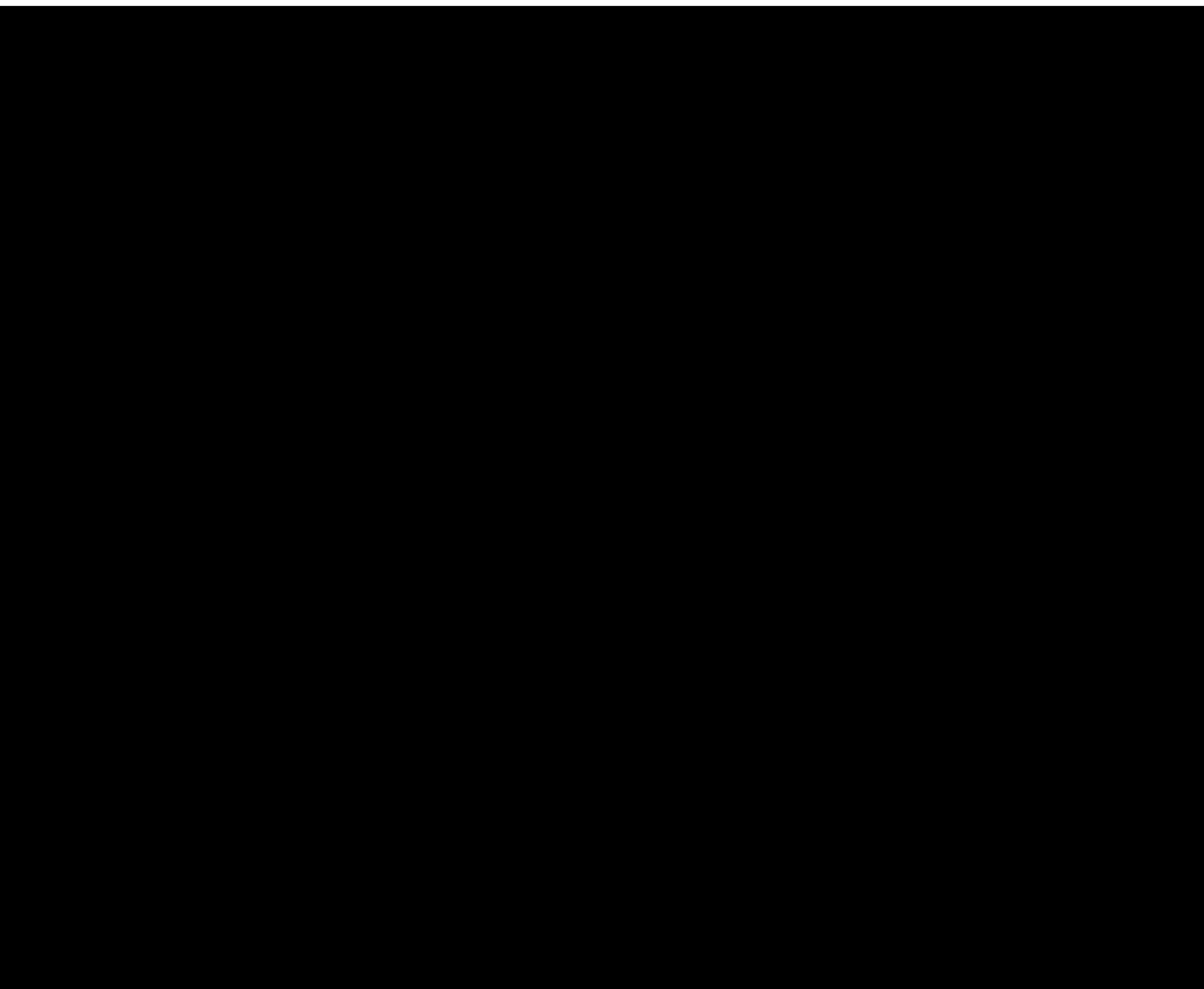


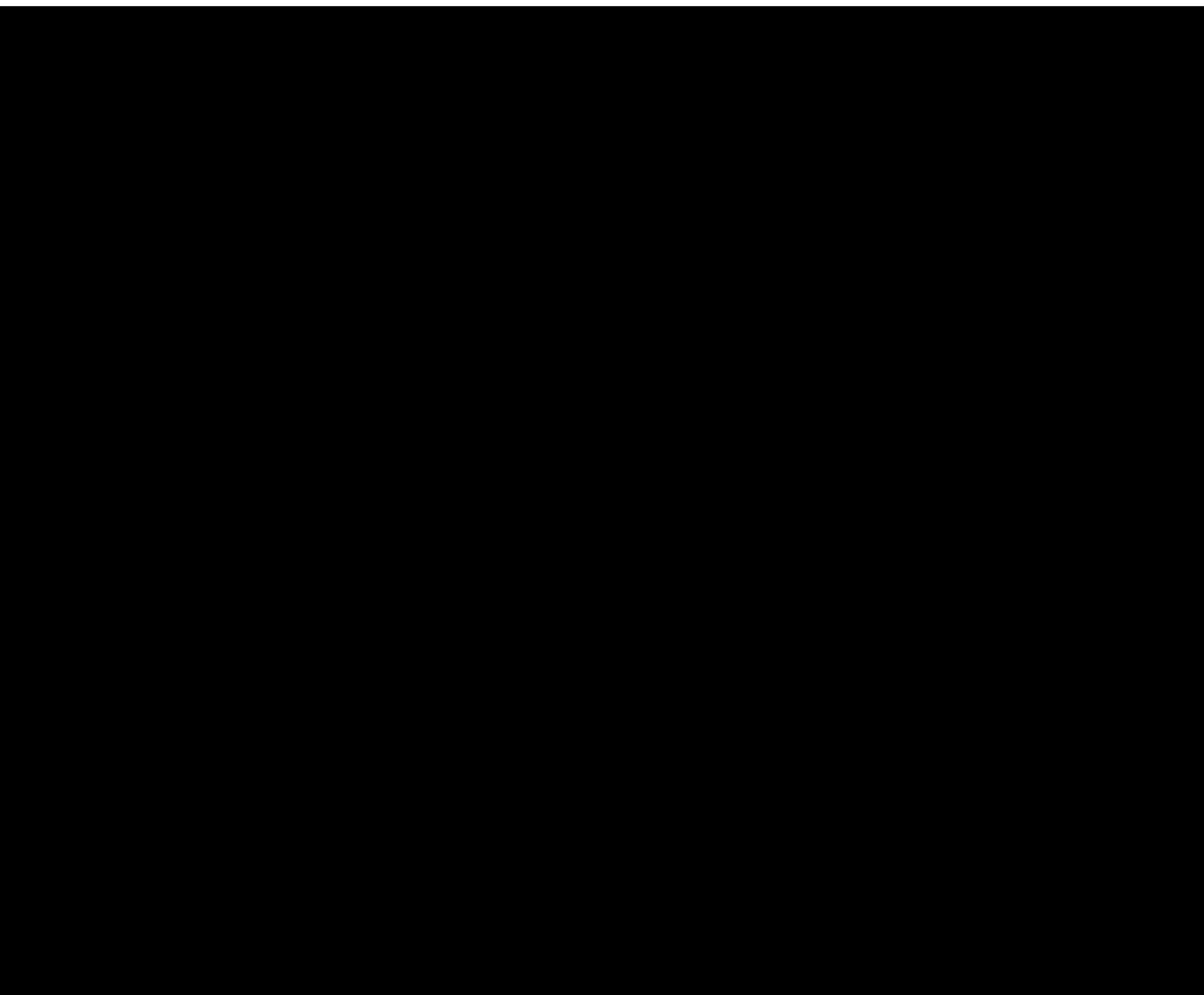


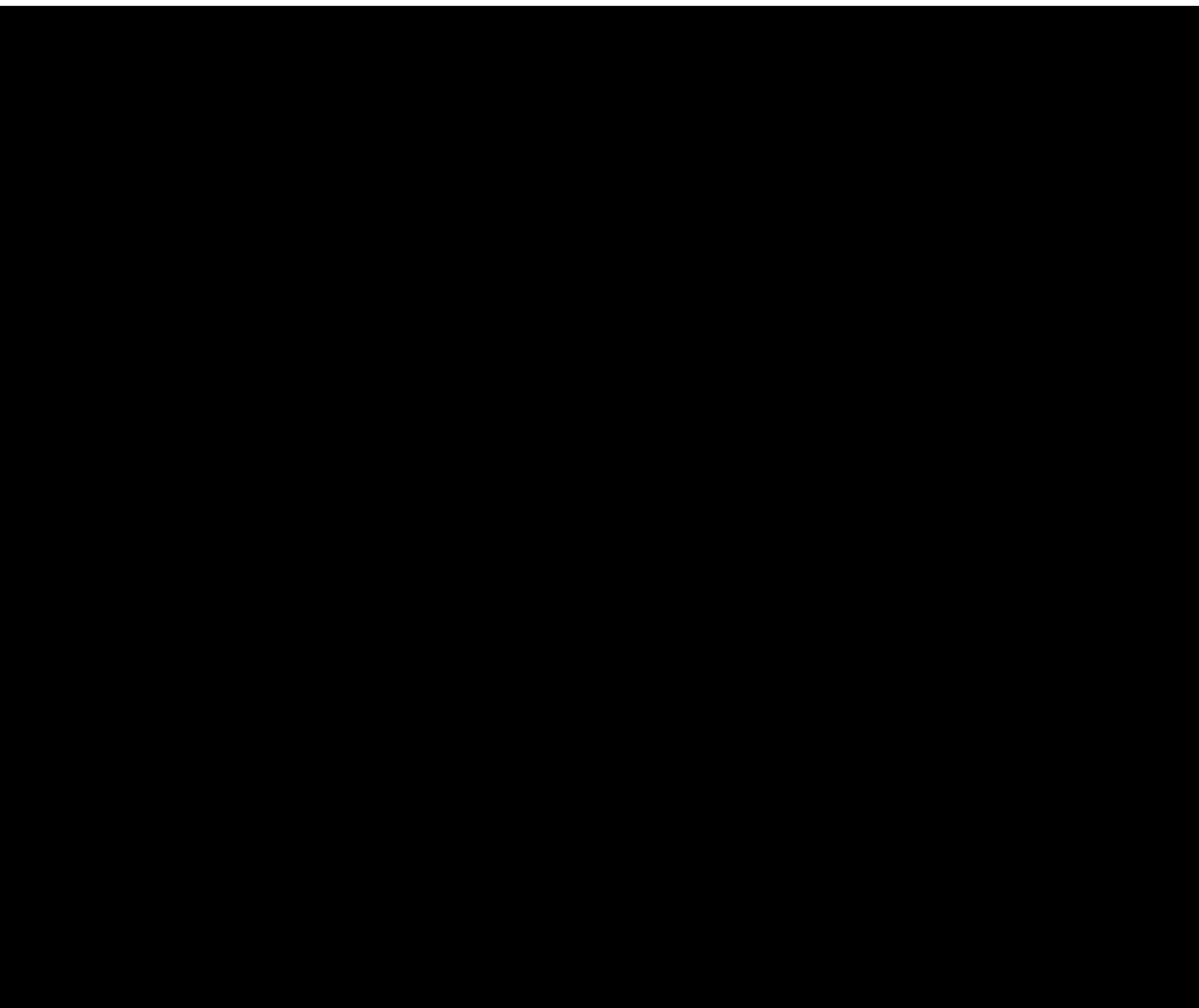




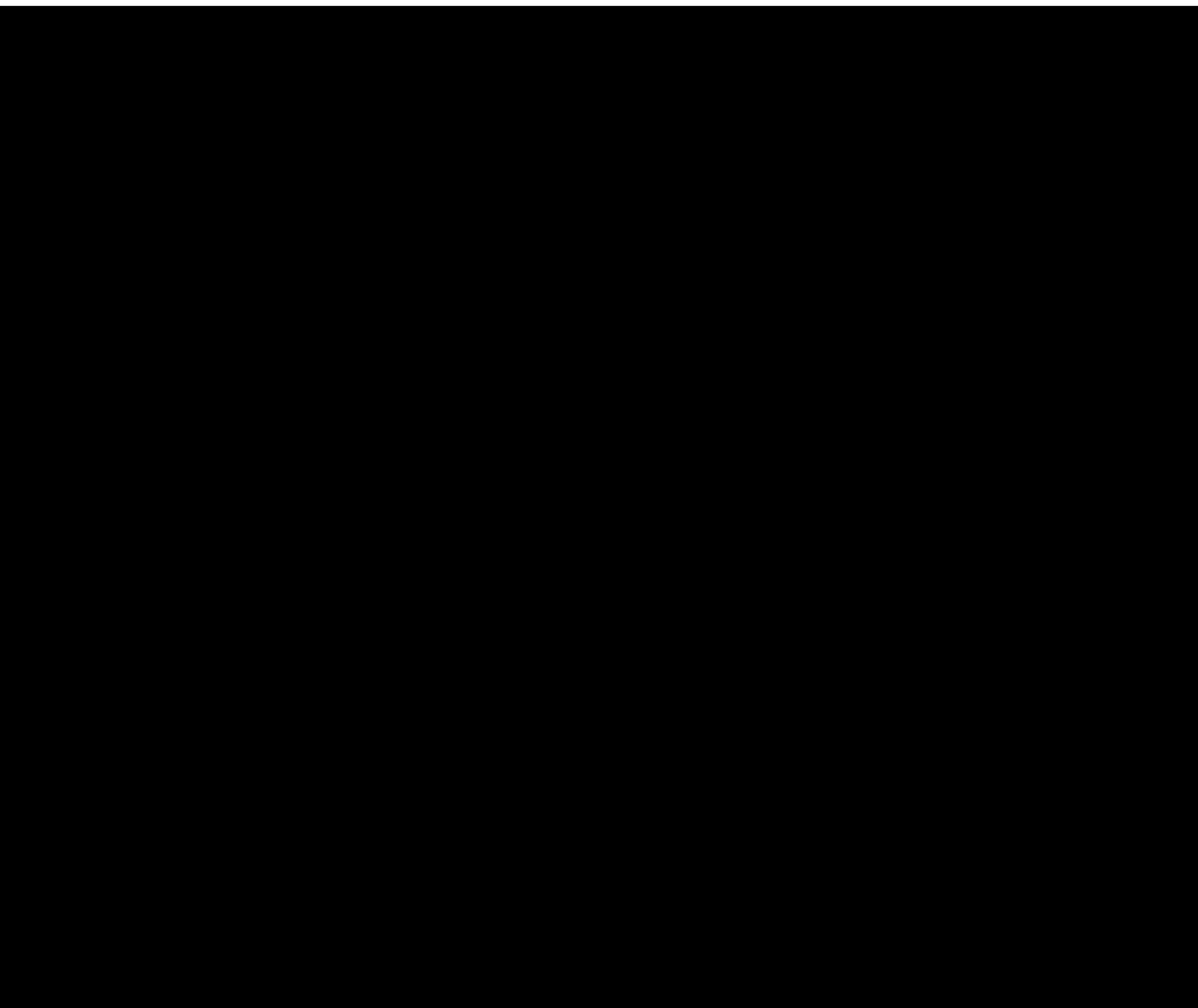


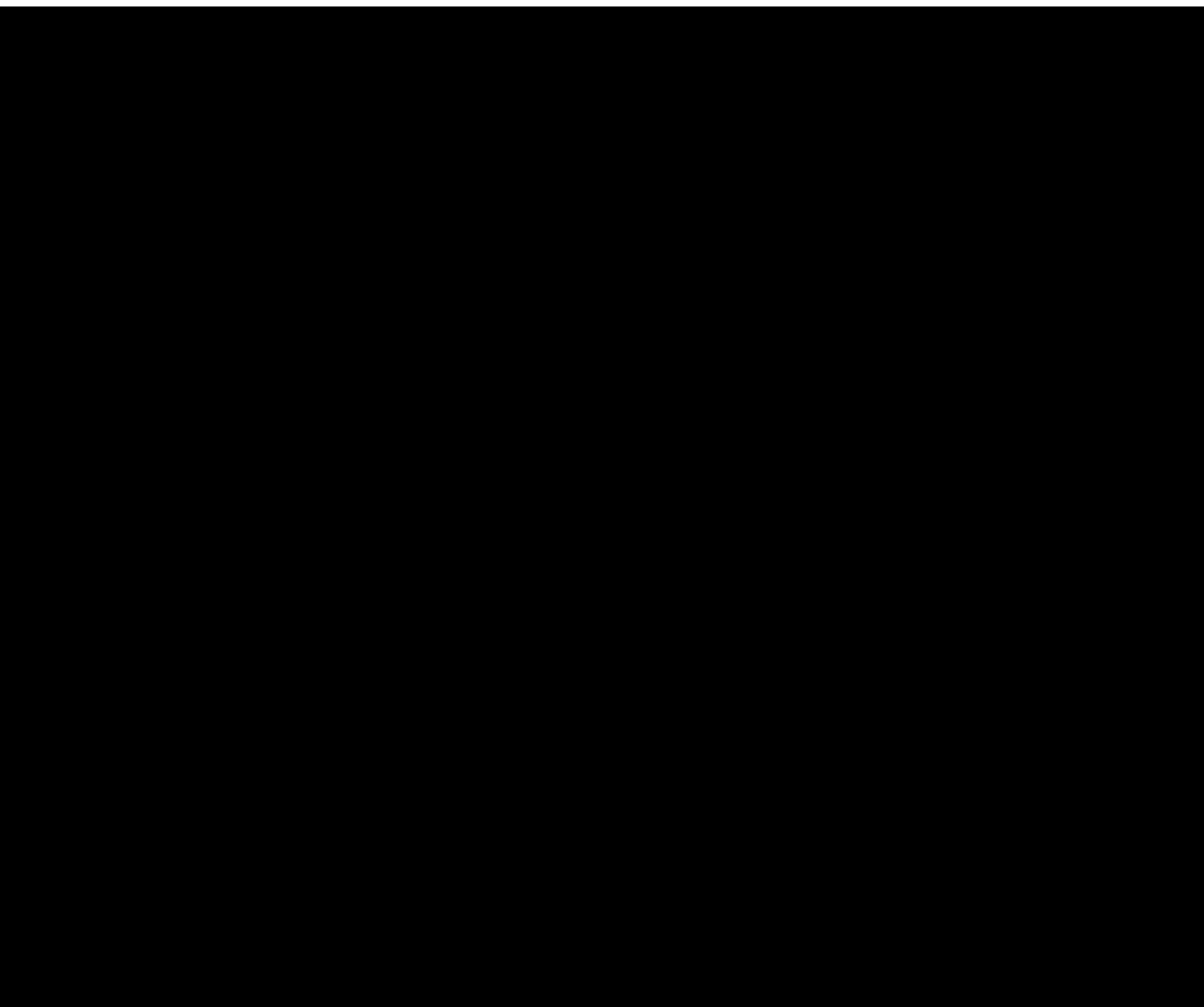


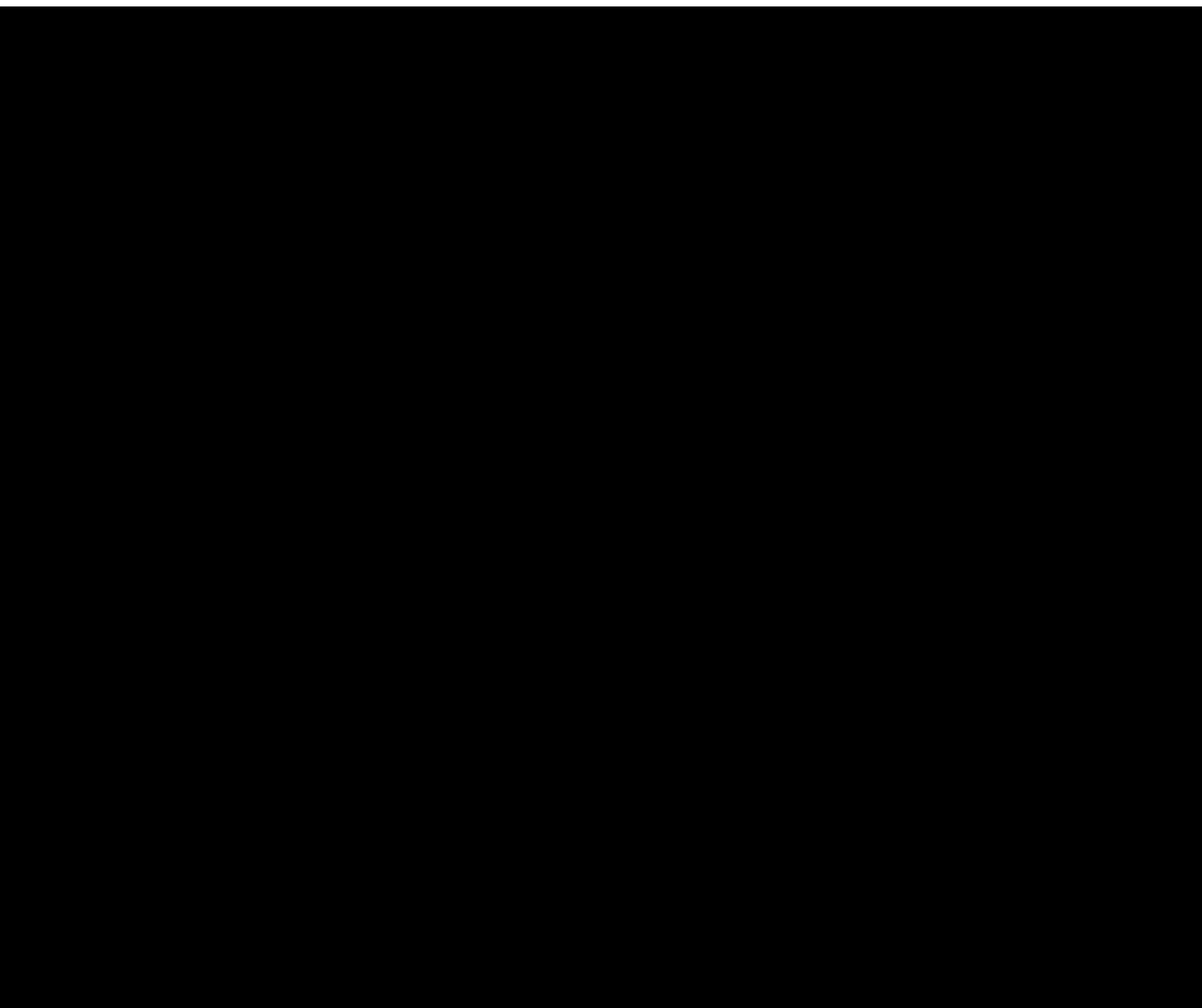


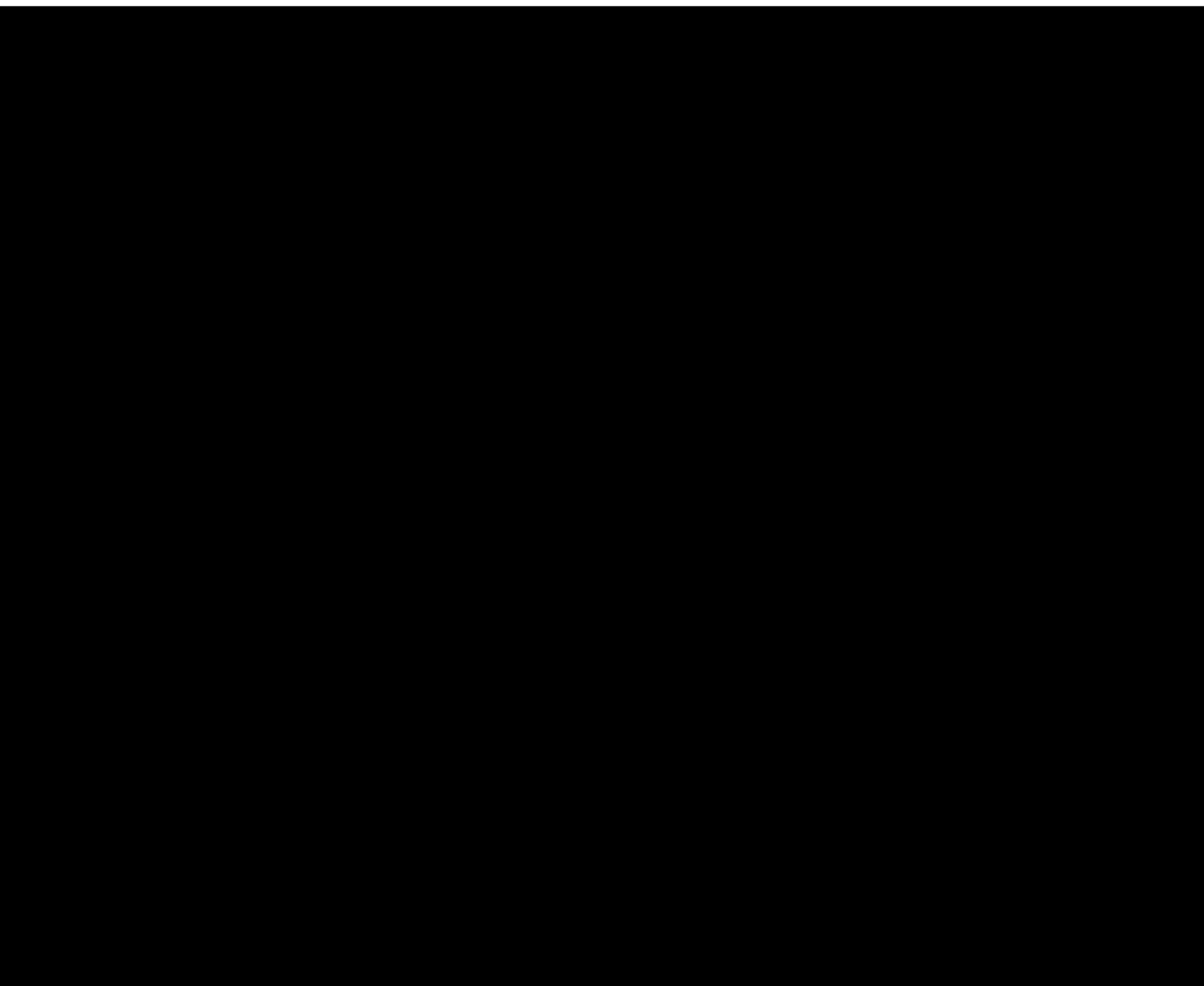












Umrechnung von englischen und amerikanischen Maßeinheiten in deutsche u. umgekehrt.

	zur Umrechnung von:	in:	zu multiplizieren mit:		zur Umrechnung von:	in:	zu multiplizieren mit:
<b>Längen</b>				<b>Drucke</b>			
0,3937015	inches engl.	cm	2,539996	2,048 · 10 <sup>3</sup>	lbs/sq. ft	kg/cm <sup>2</sup>	0,4882 · 10 <sup>-3</sup>
0,3937000	inches U.S.	cm	2,5400051	1,422	lbs/sq. in.	kg/cm <sup>2</sup>	0,07037
0,0328084	feet engl.	cm	30,4800	0,7934	lbs/sq. in.	cm Hg	5771
0,0328083	feet U.S.	cm	30,48006	0,5353	inches of water	mm Hg	1,0582
1,093614	yards engl.	m	0,914399	0,4461	feet of water	cm Hg	2,2418
1,093611	yards U.S.	m	0,914402	0,01316	atmospheres	cm Hg	75000
0,621377	miles	km	1,60933	0,98685 · 10 <sup>6</sup>	atmospheres	dyn/cm <sup>2</sup> = bar	1,01332 · 10 <sup>6</sup>
				0,96777	atmospheres	kg/cm <sup>2</sup>	10333
<b>Flächen</b>				<b>Dichten</b>			
0,155001	sq. inches engl.	cm <sup>2</sup>	6,45158	0,070177	grains/gallon engl.	mg/l	14,262
0,155000	sq. inches U.S.	cm <sup>2</sup>	6,45163	0,058478	grains/gallon U.S.	mg/l	17,118
1,076391 · 10 <sup>-3</sup>	sq. feet engl.	cm <sup>2</sup>	0,929030 · 10 <sup>3</sup>	0,062428	lbs/cu. ft	kg/m <sup>3</sup> - g/l	16,018
1,076387 · 10 <sup>-3</sup>	sq. feet U.S.	cm <sup>2</sup>	0,929034 · 10 <sup>3</sup>	0,010017	lbs/gallon engl.	kg/m <sup>3</sup> - g/l	99,833
1,19599	sq. yards engl.	m <sup>2</sup>	0,836126	0,0083454	lbs/gallon U.S.	kg/m <sup>3</sup> - g/l	119,83
1,19598	sq. yards U.S.	m <sup>2</sup>	0,836131		<b>Arbeit u. Wärme</b>		
2,4710	acres	ha	0,40469	0,7376 · 10 <sup>7</sup>	foot-pounds	erg	1,3558 · 10 <sup>7</sup>
0,386109	sq. miles	km <sup>2</sup>	2,58994	7,2330	foot-pounds	mkg	0,13826
				3,087	foot-pounds	g/kcal	0,3239
0,0610251	cu. inches engl.	cm <sup>3</sup>	16,3867	1,9530 · 10 <sup>6</sup>	foot-pounds	PSK	0,51206 · 10 <sup>-6</sup>
0,0610232	cu. inches U.S.	cm <sup>3</sup>	16,3872	3,968	B.T.U.	kcal	0,2520
0,0353147	cu. feet engl.	l	28,3168	0,9276 · 10 <sup>-2</sup>	B.T.U.	mkg	107,2
0,0353145	cu. feet U.S.	l	28,3170	0,9488 · 10 <sup>-3</sup>	B.T.U.	Joule	1,054 · 10 <sup>3</sup>
1,30775	cu. yards engl.	m <sup>3</sup>	0,764553	3,399	B.T.U.	Wh	0,2942
1,30774	cu. yards U.S.	m <sup>3</sup>	0,764560	1,800	B.T.U./lb	kcal/kg	0,5556
0,22095	gallons engl.	l	4,5435	0,1124	B.T.U./cu. ft.	kcal/m <sup>3</sup>	8,899
0,22095	gallons U.S.	l	3,7854		<b>Leistung</b>		
0,028378	bushels U.S.	l	35,238	0,4340 · 10 <sup>3</sup>	ft. lbs/sek	mkg/min	2,304 · 10 <sup>-3</sup>
0,6290 · 10 <sup>-2</sup>	barrels U.S.	l	159,0	0,7387	ft. lbs/sek.	W	1,354
				1,3405	Horsepower	FW	0,7460
				0,9856	Horsepower	PS	1,015
<b>Gewichte</b>				<b>Spezifische Wärmen.</b>			
15,4323	grains troy	g	0,0647990	1,0000	B.T.U./lb/°F.	gkcal/g/°C	1,0000
0,0321507	ounces "	g	31,1035	0,06243	B.T.U./cu. ft/°F.	kcal/m <sup>3</sup> /°C	16,018
2,67923	pounds "	kg	0,373242		<b>Temperaturen</b>		
0,0352740	ounces avoirdupois	g	28,3495	1,800	°F + 460	°F	0,5556
2,20462	pounds " "	kg	0,453593	1,800	°F - 32	°C	0,5556
0,984206	long tons	t	1,01605		<b>Sonstige Bezugszahlen</b>		
1,10237	short tons U.S.	t	0,907185	0,07148	bushels U.S./acres	l/ha	87,07
				1,9685	cu. ft./sek.	l/min	0,4920
				54,68	feet/min	cm/min	0,07573
				0,02237	feet/min	cm/min	0,06309
				3,600	miles/h	m/sek.	26,862
					km/h	m/sek.	
					gallons engl./sek.	l/min	
					gallons U.S./sek.	l/min	
					cu. ft. 30° 60° F.	l 0°C 760mm	
30,00	Moto (30 kg)	Tato	0,03333	24,00	Tato	t/h	0,047667
720,00	Moto ( " )	t/R	1,38889 · 10 <sup>-3</sup>	3,600	km/h	m/sek.	0,27778
37,00	Moto (31 kg)	Tato	0,03226	1,587 · 10 <sup>-3</sup>	PSK	kcal	0,6324 · 10 <sup>3</sup>
744,00	Moto ( " )	t/h	1,34409 · 10 <sup>-3</sup>	1,359	PSK	FW	0,7361
zur multiplizieren mit:	in:	zur Umrechnung von:		zur multiplizieren mit:	in:	zur Umrechnung von:	

Ammoniakwerk  
Merseburg.

Eckhard-Haak,  
**Gas konstanten - Tabelle.**

Leuna-Werke, 8.3.1932

Braunkohlenvergasung-  
Laboratorium.

IV Auflage  
unter Berücksichtigung der neuesten Werte.  
bezogen auf: 0°C, 760 mm Hg.

Mitteilungen, Änderungen,  
Vorschläge etc. an  
Dr. Haak, Me 431, Tel. 773

Umrechnungsfaktor auf 15° z. 735,5 mm =  $\frac{2881 \cdot 760}{2731 \cdot 735,5} = 1,0901$ ;  $\frac{1}{1,0901} = 0,9174$ ;  
 9,894° u. 735,5 mm =  $\frac{28294 \cdot 760}{2731 \cdot 735,5} = 1,0707$ ;  $\frac{1}{1,0707} = 0,9339$ .

1 atm = 760 mm Hg (bei 0°C und der Erdbeschleunigung = 980,616 cm/sek.).

Gas konstante R für 1 g Mol = 0,08207 liter-atm/grad = 8,312 joule/grad = 1,986 cal/grad;  
 1 m<sup>3</sup> = 3662 " " = 370,8 " " = 88,61 " "

Molekülzahl pro g-Mol = 6,06 · 10<sup>23</sup>. 1 g Mol = 22,414 l (0°-760) = 24,433 l (15°-735,5) = 24,00 l (9,894°-735,5)

Von der Waalschen Zustandsgleichung:  $(p + \frac{a}{v^2}) \cdot (v - b) = R \cdot T$ . - Die Konstanten a und b siehe Spalte 17 + 18.

Entropie für 1 g Mol ideales Gas bei 25°, 1 atm = 1,986 ·  $\frac{3}{2}$  · ln M + 25,7 (M = Mol-Gewicht).

Maximale äußere Arbeit Cl = 1,986 · T · ln  $\frac{p_1}{p_2}$  cal/g Mol = 1,986 · T · ln  $\frac{v_2}{v_1}$  cal/g Mol  
 = 886 · T · ln  $\frac{p_1}{p_2}$  cal/m<sup>3</sup>.

ln x = 2,3026 · log x; log x = 0,43429 · ln x.

Für reines Wassergas gilt: CO + 2CO<sub>2</sub> = H<sub>2</sub> + 2CH<sub>4</sub> f =  $\frac{N_2}{O_2}$  in der Vergasungsluft.

Für reines Luftgas gilt: f · CO + 2f · CO<sub>2</sub> = 2N<sub>2</sub> f für Luft = 3,789

Reaktionsgleichung	kcal/g Mol	kcal/m <sup>3</sup> H <sub>2</sub>	kcal/m <sup>3</sup> O <sub>2</sub>	kmol m <sup>-3</sup> CO <sub>2</sub>	kcal/m <sup>3</sup> CO	kcal/kg H <sub>2</sub> O	kcal/kg C
C <sub>gr</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>g</sub> = CO + H <sub>2</sub>	- 30,93	- 1379	-	-	- 1390	- 1777	- 2578
C <sub>gr</sub> + 2H <sub>2</sub> O <sub>g</sub> = CO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub>	- 20,89	- 465,7	-	435,7	-	8798	1747
CO + H <sub>2</sub> O <sub>g</sub> = CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub>	+ 10,04	+ 447,7	-	448,3	+ 131,1	+ 557,2	-
CO + O = CO <sub>2</sub>	+ 27,02	-	-	1038	+ 1019	-	-
C <sub>gr</sub> + O = CO	+ 26,65	-	+ 2330	-	+ 1190	-	221
C <sub>gr</sub> + O <sub>2</sub> = CO <sub>2</sub>	+ 94,27	-	+ 4209	+ 4223	-	-	+ 7856
C <sub>gr</sub> + CO <sub>2</sub> = 2CO	- 40,97	-	-	1847	-	-	- 3474
H <sub>2</sub> + O = H <sub>2</sub> O <sub>l</sub>	+ 68,296	1022,2	1072,2	-	-	-	-
H <sub>2</sub> + O = H <sub>2</sub> O <sub>g</sub>	+ 57,582	+ 1587,4	+ 5742,4	-	-	+ 3195,2	-
C <sub>graph</sub> = Cam.	- 2,93	-	-	-	-	-	- 244

R<sub>u</sub> = 25,874 H<sub>2</sub> + 3079 CO + 6804 Zuzahme + 85,61 C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> + 71 n C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> + 50,67 H<sub>2</sub>S kcal/m<sup>3</sup>.  
 85,51 CH<sub>4</sub> + 763,6 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

R<sub>o</sub> = 20,45 H<sub>2</sub> + 3079 CO + 7300 Zuzahme + 9570 C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> + 77 n C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> + 60,71 H<sub>2</sub>S kcal/m<sup>3</sup>.  
 9570 CH<sub>4</sub> + 7687 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

2	Molekulargewicht	Mol-Volumen (0°-760)
	O <sub>2</sub> = 32	m <sup>3</sup> /kg-Mol
	1	2
H <sub>2</sub>	2,0156	22,428
O <sub>2</sub>	32,0000	22,395
N <sub>2</sub>	28,016	22,404
Luft-N <sub>2</sub>	-	-
Ar	39,94	22,39
CO <sub>2</sub>	44,000	22,258
CO	28,000	22,398
CH <sub>4</sub>	16,031	22,36
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,047	22,150
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,062	21,824
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,078	21,73
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,094	22,35
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,031	22,24
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,047	21,71
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,062	21,66
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,078	(21,7)
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,016	22,219
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,047	22,37
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128,06	22,38
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	52,016	22,274
HCN	27,016	22,000
H <sub>2</sub> S	34,08	22,14
CH <sub>3</sub> SH	48,09	(22,2)
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	62,11	(22,2)
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	62,11	(22,2)
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	90,14	(22,2)
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	96,09	(22,37)
CS <sub>2</sub>	76,12	22,26
CO <sub>2</sub>	44,000	22,07
SO <sub>2</sub>	64,06	21,89
NH <sub>3</sub>	17,03	22,07
H <sub>2</sub> O	18,0156	22,41
Luft	28,961	22,40
C <sub>gas</sub> (form.)	12,000	22,414

2	Molekular	Mol-	g-Mol	m <sup>3</sup>	Volumen	Gas konstante R.		Name
	gewicht	Volumen	pro m <sup>3</sup>	Gewicht	von 1 kg	bei ca 0°C		
		(0°-760)	(0°-760)	(0°-760)	(0°-760)	1 g Mol	1 kg	
	O <sub>2</sub> = 32	m <sup>3</sup> /kg-Mol	g Mol/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /kg	literat/grad	literat/grad	
	1	2	3	4	5	6	7	8
H <sub>2</sub>	20,156	22,428	44,587	0,089870	11,1272	0,08212	0,040740	Wasserstoff
O <sub>2</sub>	32,0000	22,395	44,653	1,4289	0,6989	0,08200	0,002559	Sauerstoff
N <sub>2</sub>	28,016	22,404	44,635	1,2505	0,7997	0,08204	0,002928	Stickstoff
Luft-N <sub>2</sub>	-	-	-	1,2567	0,7957	0,07832	0,002914	Luft-Stickstoff
Ar	39,94	22,39	44,66	1,7832	0,5609	0,08198	0,002054	Argon
CO <sub>2</sub>	44,000	22,258	44,928	1,9768	0,5059	0,08150	0,001852	Kohlen- dioxid
CO	28,000	22,398	44,647	1,2501	0,7999	0,08201	0,002929	Kohlen- monoxid
CH <sub>4</sub>	16,031	22,36	44,72	0,7168	1,395	0,08187	0,005108	Methan
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,047	22,150	45,147	1,3565	0,7372	0,08111	0,002699	Ethan
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,062	21,824	45,821	2,0190	0,4953	0,07991	0,001814	Propan
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,078	21,73	45,02	2,673	0,3741	0,07957	0,001370	Butan
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,094	22,35	44,74	3,225	0,3101	0,08184	0,001135	Pentan
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,031	22,24	44,96	1,2604	0,7934	0,08144	0,002905	Ethylen
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,047	21,71	46,06	1,937	0,5163	0,07949	0,001891	Propylen
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,062	21,66	46,17	2,588	0,3864	0,07931	0,001415	Butylen
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70,078	(21,7)	(46,1)	(3,23)	(0,310)	(0,07950)	(0,001140)	Pentylen
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,016	22,219	45,007	1,1709	0,8540	0,08136	0,003127	Acetylen
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,047	22,37	44,70	3,489	0,2866	0,08191	0,001050	Benzol
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128,06	22,38	44,68	5,722	0,1748	0,08195	0,000640	Naphthalin
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	52,016	22,274	44,895	2,3353	0,4282	0,08156	0,001568	Dicyan
HCN	27,016	22,000	45,455	1,2228	0,8143	0,08056	0,002982	Blausäure
H <sub>2</sub> S	34,08	22,14	45,17	1,5393	0,6496	0,08107	0,002379	Schwefel- wasserstoff
CH <sub>3</sub> SH	48,09	(22,2)	(45,0)	(2,17)	(0,462)	(0,08130)	(0,001690)	Methyl- mercaptan
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	62,11	(22,2)	(45,0)	(2,73)	(0,357)	(0,08130)	(0,001310)	Ethyl- mercaptan
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	62,11	(22,2)	(45,0)	(2,73)	(0,357)	(0,08130)	(0,001310)	Dimethyl- sulfid
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	90,14	(22,2)	(45,0)	(4,12)	(0,243)	(0,08130)	(0,000886)	Diethyl- sulfid
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	96,04	(22,37)	(45,90)	(4,29)	(0,233)	(0,08190)	(0,000850)	Thiophen
CS <sub>2</sub>	76,12	22,26	44,92	3,420	0,2924	0,08151	0,001071	Schwefel- kohlenstoff
CO <sub>2</sub> S	60,06	22,07	45,91	3,721	0,3675	0,08031	0,001346	Kohlenoxy- sulfid
SO <sub>2</sub>	64,06	21,89	45,65	3,926	0,34166	0,08015	0,001251	Schwefel- dioxid
NH <sub>3</sub>	17,03	22,07	45,31	0,7717	1,2958	0,08089	0,004750	Ammoniak
H <sub>2</sub> O	18,0156	22,41	44,62	0,8033	1,2441	0,08206	0,004556	Wasser
Luft	28,961	22,40	44,64	1,2929	0,77346	0,08202	0,002832	Luft
C <sub>gasförmig</sub>	12,000	22,414	44,613	0,5333	1,8678	0,08207	0,006839	Kohlenstoff

9	Schmelz-	Schmelz-	Name
	punkt.	wärme	
	°C	cal/g	
10	11		
-259,1	140		
-218,8	333		
-210,1	670		
-190	648		
-257,8	432		
-205,0	720		
-184	140		
-182,5	222		
-189,9			
-134,4	180		
-137,5	277		
-169	250		
-184,9	167		
<-190			
-147			
-81			
+57	301		
+80,1	346		
-34,4	366		
-133,4	687		
-83	198		
-161,0			
-147,0			
-83,2			
-100,2			
-40			
-116,8	967		
-138,2			
-72,7			
-77,7	82,5		
± 0,00	79,40		

9	Schmelzpunkt S <sub>m</sub>	Schmelzwärme bei S <sub>m</sub>	Hochpunkt K <sub>p</sub> bei 760mm	Lat.-Verdampfungs- wärme	Kritische Daten			Van der Waals Konstanten		08216 3
	°C	cal/g	°C	cal/g	t <sub>K</sub>	T <sub>K</sub>	d <sub>K</sub>	a	b	
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
-2591	140	-2528	1079	-2399	128	00310	49	1187	H <sub>2</sub>	
-2188	333	-1930	5101	-1188	497	0430	271	1421	O <sub>2</sub>	
-2101	670	-1958	4874	-1491	335	03710	268	1722	N <sub>2</sub>	
-180	648	-1853	376	-1224	480	052	268	1437	Luft-N <sub>2</sub>	
-5578.5	43.2	Subl.-785	881	+310	729	04683	717	1909	Cl <sub>2</sub>	
-2050	720	-1900	616	-1387	346	0371	295	1778	CO	
-184	140	-1614	1239	-825	457	0162	450	1909	CH <sub>4</sub>	
-132.5	22.2	-887	1790	+321	488	021	1080	2853	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	
-1899		-445	1020	+956	45		1709	3730	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	
-1344	180	+06	920	+1532	357		2880	5466	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
-1375	277	+3615	851	+1972	330	02323	3797	6523	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
-169	250	-1034	125	+95	507	021597	891	2551	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	
-1849	167	-477	109	+914	453		1659	3688	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	
<-190		-5	963	+1507					C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	
-147		+36		+203	404		3792	5393	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	
-81		Subl.-836	198	+359	616	0231	877	2296	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	
+57	307	+805	944	+2885	496	03045	3596	5782	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	
+807	346	+2777	747	+4682	392	0195	7929	8655	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	
-344	366	-207	103	+1283	597		1526	3077	C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	
-1334	687	+257	2264	+1835	533	0195	2231	3927	HCN	
-83	188	-604	132	+1004	89		887	1927	H <sub>2</sub> S	
-7610		+58							CH <sub>3</sub> SH	
-470		+37		+2255	542	0.30	2597	4271	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	
-832		+38		+2290		0.301			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	
-1002		+92							(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	
-40		+84		+3723	477		4133	5665	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	
-1168	867	+463	841	+57305	76	03772	2218	3288	CS <sub>2</sub>	
-1382		-475		+105	68		1281	2743	COS	
-727		-100	892	+1572	777	05240	1348	2535	SO <sub>2</sub>	
-777	825	-334	3078	+1324	1123	0226	828	1653	NH <sub>3</sub>	
+000	7740	+10000	5395	+3740	225	04	1052	1376	H <sub>2</sub> O	
		-1922	50	-1407	372	0.31	267	1629	Luft	
				+7500					C	

4	C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> bei 0°C	Wärmekapazität bei 0°C	
		l. 10 <sup>2</sup>	Luft
	19	20	21
H <sub>2</sub>	14098	4060	6
O <sub>2</sub>	1401 (18°)	589	10
N <sub>2</sub>	1406	580	9
Luft-N <sub>2</sub>			
Cl <sub>2</sub>	167	405	6
CO <sub>2</sub>	1310	343	5
CO	1403	563	9
CH <sub>4</sub>	1304	738	12
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1224 (10°)	444	7
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	114		
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>			
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>		303	5
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	124	420	7
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>			
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>			
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>			
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1231	454	7
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	170 (100°)	276	3
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>			
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	1255 (15°)		
HCN			
H <sub>2</sub> S	132 (15°)	314	5
CH <sub>3</sub> SH			
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH			
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S			
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S			
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S			
CS <sub>2</sub>	120 (2-12°)	107	
COS			
SO <sub>2</sub>	1255 (13°)	202	5
NH <sub>3</sub>	132	530	9
H <sub>2</sub> O	133 (44°)		
Luft		304	10



4	C <sub>n</sub> /C <sub>v</sub> bei 0°C	Wärmeleitfähigkeit bei 0°C		Dichte des reife. Gases bei N <sub>p</sub> g/cm <sup>3</sup>	Löslichkeit in Wasser bei 1 ata und			Bei 1/2-1 stündiger Einwirkung lebens- gefährliche Gehalte		28
		l. 10 <sup>2</sup>	Luft-100		0°	50°	100°	mg/l <sup>e</sup>	Vol. %	
H <sub>2</sub>	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
H <sub>2</sub>	14098	4060	695	0,0708	215	1608	160	-	-	
O <sub>2</sub>	1401 (15°)	589	1009	1,131	4889	2090	130	-	-	
N <sub>2</sub>	1406	580	994	0,791	2310	1116	-	-	-	
Luft-N <sub>2</sub>					2354	1088	85	-	-	
Ar	167	405	694		578	2569				
CO <sub>2</sub>	1310	343	588	1,53 (Schmelz)	1713	436		700	39,5	
CO	1403	563	964	0,993	3537	1615	141	30	2,62	
CH <sub>4</sub>	1304	738	1264	0,415	5563	2134	130			
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,224 (10°)	444	760	0,546	9874	246	17,2	220	6,26	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	114			0,585						
C <sub>4</sub> H <sub>10n</sub>				0,60 (0°)						
C <sub>5</sub> H <sub>12n</sub>		303	519	0,622 (215°)						
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	124	420	702	0,570	226	98 (30°)				
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>				0,617 (-78°)	426 (14°)					
C <sub>4</sub> H <sub>8α</sub>										
C <sub>5</sub> H <sub>10β</sub>				0,660						
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1,231	454	778	0,621	1730	840 (30°)				
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	110 (100°)	216	370	0,8787 (20°)						
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>				0,963 (100°)						
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	1,255 (15°)			0,866 (17°)	4500					
HCN				0,677	∞			0,12	0,109	
H <sub>2</sub> S	1,32 (15°)	314	538	0,964	4670	1392	810	9,6	4,37	
CH <sub>3</sub> SH				0,939 (20°)						
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH				0,677						
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S				0,845						
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S				0,837						
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S				1,062						
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1,20 (3-27)	107	132	1,29 (0°)	518	217	200	2,2	2,2	
CO <sub>2</sub>				1,24	1,48	27 (30°)				
SO <sub>2</sub>	1,255 (10°)	202	340	1,46	19120	18766 (20°)		2,4	2,102	
NH <sub>3</sub>	1,32	530	908	0,675	1776 0,00	70200 (20°)		3,5	5,04	
H <sub>2</sub> O	1,33 (94°)			0,9580						
Luft		0,84	1000		1,2933	1,293	1,29			

0°C - 760 mm Hg.

	bei °C			
	15° N	20° N	30° N	60° N
H <sub>2</sub>	29	30	31	32
O <sub>2</sub>	93 mm	730 mm	80 al	
N <sub>2</sub>				55 mm
Ar				46 "
CO				6 "
				799 "
	100° N	120° N	140° N	160° N
CH <sub>4</sub>	252 mm	24 al	87 al	20 al
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>			30 mm	160 mm
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>		12 mm	90 "	486 "
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>			76 "	66 "
	140° N	160° N	180° N	200° N
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	12 mm	11 mm	50 mm	180 mm
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	11 "	106 "	52 "	176 "
C <sub>4</sub> H <sub>10n</sub>			3 "	185 "
C <sub>4</sub> H <sub>8α</sub>				28 "
	140° N	160° N	180° N	200° N
CO <sub>2</sub>			0,3 al	1,6 al
CO <sub>2</sub> '	10 mm	22 mm	60 mm	230 mm
SO <sub>2</sub>			20 "	153 "
H <sub>2</sub> S			100 "	400 "
NH <sub>3</sub>		0,5 "	13 "	59 "
	100° N	120° N	140° N	160° N
VA	17 mm	16 mm	96 mm	405 mm
H <sub>2</sub> SN				40 "
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>		40	20	22 "
	100° N	120° N	140° N	160° N
C <sub>3</sub> H <sub>10n</sub>	53 mm	95 mm	160 mm	280 mm
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	40 "	"	22 "	17 "
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>		100 "	100 "	100 "
CH <sub>3</sub> SH				720 "
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH			100 "	160 "
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S			152 "	224 "
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S			12 "	21 "
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S				
H <sub>2</sub> O	see			

Sättigungsdruck bei Kelvin in mm Hg bzw. ata														08218 Umrechnung von Kelvin in Celsius				
														°K	°C	°K	°C	
15°K	20°K	30°K	60°K	70°K	80°K	100°K	120°K	140°K						42	43	44	45	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> N <sub>2</sub> Ar CO	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	0	-273,1	360	+ 869	
	33 mm	30 mm	30 at											10	-263,1	370	+ 969	
				5,5 mm	4,5 mm	230 mm	2,5 at	1,2 at	2,75 at						20	-253,1	380	+ 1069
				4,5	2,85	1,35 at	7,7	2,51							30	-243,1	390	+ 1169
				6	3,8	2,90 mm	2,4	7,5	3,70						40	-233,1	400	+ 1269
				7,9	4,80	6,25	4,9	2,52							50	-223,1	410	+ 1369
															60	-213,1	420	+ 1469
															70	-203,1	430	+ 1569
															80	-193,1	440	+ 1669
															90	-183,1	450	+ 1769
															100	-173,1	460	+ 1869
															110	-163,1	470	+ 1969
															120	-153,1	480	+ 2069
	CH <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	100°K	120°K	140°K	160°K	180°K	200°K	220°K	240°K	260°K	280°K	300°K	320°K	340°K	130	-143,1	490	+ 2169
85 mm		2,4 at	3,7 at	20 at	3,5 at									140	-133,1	500	+ 2269	
			30 mm	160 mm	5,85 mm	20 at	50 at	9,8 at	7,7 at	2,79 at				150	-123,1	510	+ 2369	
			72 mm	90	4,85									160	-113,1	520	+ 2469	
			7,6	6,6	3,75	1,9	4,6	2,0	7,0	2,2				170	-103,1	530	+ 2569	
														180	-93,1	540	+ 2669	
														190	-83,1	550	+ 2769	
														200	-73,1	560	+ 2869	
														210	-63,1	570	+ 2969	
														220	-53,1	580	+ 3069	
														230	-43,1	590	+ 3169	
														240	-33,1	600	+ 3269	
														250	-23,1	610	+ 3369	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>		140°K	160°K	180°K	200°K	220°K	240°K	260°K	280°K	300°K	320°K	340°K	360°K	400°K	260	-13,1	620	+ 3469
	12 mm	11 mm	50 mm	180 mm	80 mm	1,9 at	2,2 at	6,7 at	1,2 at	1,4 at	2,4 at	3,7 at		270	-3,1	630	+ 3569	
	11	10,6	5,2	1,76	5,0	2,2	4,6	8,0	7,2	7,5	12,9	14,4		280	7,1	640	+ 3669	
			3	1,85	6,9	2,70 mm	4,80 mm	7,1	2,9	4,9	7,2	7,3	25 at	290	17,1	650	+ 3769	
				2,8	7,8	2,30	5,80							300	27,1	660	+ 3869	
														310	37,1	670	+ 3969	
														320	47,1	680	+ 4069	
														330	57,1	690	+ 4169	
														340	67,1	700	+ 4269	
														350	77,1	710	+ 4369	
														360	87,1	720	+ 4469	
														370	97,1	730	+ 4569	
														380	107,1	740	+ 4669	
	CO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> SO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> S NH <sub>3</sub>	100°K	120°K	140°K	160°K	180°K	200°K	220°K	240°K	260°K	280°K	300°K	320°K	340°K	390	127,1	750	+ 4769
10 mm		12 mm	60 mm	230 mm	6,50 mm									400	137,1	760	+ 4869	
			20	4,3	7,90	2,77 mm	6,63 mm	2,2	4,07	7,5 at	13,7 at	20,5 at	4,7 at	410	147,1	770	+ 4969	
			100	400	20 at	40 at	7,5 at	12,9	20,0	2,9	4,1	6,2		420	157,1	780	+ 5069	
			0,5	1,3	5,9	2,28 mm	4,60 mm	2,5	5,4	10,5	12,5	20,2	4,77	430	167,1	790	+ 5169	
														440	177,1	800	+ 5269	
														450	187,1	810	+ 5369	
														460	197,1	820	+ 5469	
														470	207,1	830	+ 5569	
														480	217,1	840	+ 5669	
														490	227,1	850	+ 5769	
														500	237,1	860	+ 5869	
														510	247,1	870	+ 5969	
H <sub>2</sub> VA H <sub>2</sub> N C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>		100°K	120°K	140°K	160°K	180°K	200°K	220°K	240°K	260°K	280°K	300°K	320°K	340°K	520	257,1	880	+ 6069
	17 mm	16 mm	76 mm	405 mm	7,1 at	30 at	6,2 at	12,7 at	23 at	3,9 at				530	267,1	890	+ 6169	
				40	16 mm	3,8 mm	30 mm	4,1	5,0	7,8	10,1			540	277,1	900	+ 6269	
			40	2,2	6,5	7,90	3,80	7,90 mm	4,3	7,6	12,2			550	287,1	910	+ 6369	
														560	297,1	920	+ 6469	
														570	307,1	930	+ 6569	
														580	317,1	940	+ 6669	
														590	327,1	950	+ 6769	
														600	337,1	960	+ 6869	
														610	347,1	970	+ 6969	
														620	357,1	980	+ 7069	
														630	367,1	990	+ 7169	
														640	377,1	1000	+ 7269	
	C <sub>3</sub> H <sub>10</sub> C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> CH <sub>3</sub> S <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> S <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	100°K	120°K	140°K	160°K	180°K	200°K	220°K	240°K	260°K	280°K	300°K	320°K	340°K	650	387,1	1010	+ 7369
53 mm		40 mm	160 mm	180 mm	5,40 mm	1,34 at	4,50 at							660	397,1	1020	+ 7469	
														670	407,1	1030	+ 7569	
														680	417,1	1040	+ 7669	
														690	427,1	1050	+ 7769	
														700	437,1	1060	+ 7869	
														710	447,1	1070	+ 7969	
														720	457,1	1080	+ 8069	
														730	467,1	1090	+ 8169	
														740	477,1	1100	+ 8269	
														750	487,1	1110	+ 8369	
														760	497,1	1120	+ 8469	
														770	507,1	1130	+ 8569	
														780	517,1	1140	+ 8669	
H <sub>2</sub> O see													790	527,1	1150	+ 8769		

6 Spannung				
t°	mm Hg	Giner	0°	10°
-60	0007	0	4,58	9,21
-50	0089	1	4,93	9,84
-40	0093	2	5,29	10,52
-30	0280	3	5,68	11,23
-20	077	4	6,10	11,99
-10	195	5	6,54	12,79
-5	307	6	7,01	13,63
-3	357	7	7,51	14,53
-2	388	8	8,04	15,48
-1	422	9	8,61	16,48

Decimalen	90°	91°	92°	93°
00	525,8	546,1	567,0	588,6
1	527,8	548,1	569,1	590,8
2	529,8	550,2	571,3	593,0
3	531,8	552,3	573,4	595,2
4	533,8	554,4	575,6	597,4
5	535,8	556,4	577,7	599,7
6	537,9	558,5	579,9	601,9
7	539,9	560,6	582,0	604,1
8	542,0	562,8	584,2	606,4
9	544,0	564,9	586,4	608,6

Giner	100°	110°	120°	130°
0	10,333	14,670	20,247	27,164
1	1			

08219

6

Spannung des Wasserdampfes von -60 bis +374°C

t°	mm Hg	Grner	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
-60	0007	0	458	921	1753	318	553	925	1494	2337	3551
-50	0089	1	493	984	1865	337	583	972	1564	2439	3697
-40	0093	2	529	1052	1983	357	615	1021	1638	2546	3849
-30	0280	3	568	1123	2107	377	648	1072	1714	2657	4006
-20	077	4	610	1199	2238	399	683	1125	1793	2772	4168
-10	195	5	654	1279	2376	422	719	1180	1875	2891	4336
-5	301	6	701	1363	2521	446	757	1230	1961	3014	4509
-3	357	7	751	1453	2674	471	796	1288	2051	3141	4687
-2	388	8	804	1548	2835	497	837	1361	2142	3273	4871
-1	422	9	861	1648	3004	524	880	1426	2237	3410	5061

mm Hg

Decimalen	90°	91°	92°	93°	94°	95°	96°	97°	98°	99°	100°
00	5258	5461	5670	5886	6109	6339	6576	6821	7073	7332	7600
1	5278	5481	5691	5908	6132	6362	6600	6846	7098	7359	7627
2	5298	5502	5713	5930	6154	6386	6625	6870	7124	7385	7655
3	5318	5523	5734	5952	6177	6409	6649	6895	7150	7412	7682
4	5338	5544	5756	5974	6200	6433	6673	6921	7176	7439	7709
5	5358	5564	5777	5997	6223	6457	6698	6946	7202	7465	7737
6	5379	5585	5799	6019	6246	6481	6722	6971	7228	7492	7764
7	5399	5606	5820	6041	6269	6504	6747	6996	7254	7519	7792
8	5420	5628	5842	6064	6292	6528	6771	7022	7280	7546	7820
9	5440	5649	5864	6086	6316	6555	6796	7047	7306	7573	7848

mm Hg

Grner	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°	190°	200°
0	10333	14610	20247	27649	3685	4855	6303	8079	10225	12799	15854
1	10707	15108	20895	28383	3781	4996	6465	8274	10462	13082	
2	11093	15619	21564	29239	3899	5121	6631	8476	10704	13369	
3	11490	16145	22248	30112	4010	5258	6799	8680	10950	13662	
4	11898	16686	22948	31011	4122	5397	6972	8890	11200	13959	
5	12312	17241	23670	31915	4235	5542	7147	9102	11454	14262	
6	12751	17810	24407	32854	4356	5688	7325	9319	11715	14571	
7	13196	18393	25164	33830	4476	5837	7508	9539	11979	14882	
8	13656	18997	25939	34810	4600	5989	7694	9763	12247	15201	
9	14125	19615	26735	35825	4726	6145	7884	9993	12520	15525	

200°	15854	250°	40547	300°	8763	350°	16864
210°	17453	260°	47850	310°	10068	360°	19026
220°	23655	270°	56710	320°	11517	370°	21447
230°	28527	280°	6542	330°	13125		
240°	34132	290°	7588	340°	14904		

mm Hg

für die Druck 25,5

Erläuterung

- t - Temperatur in °
  - v - Volumen von 1 Nm<sup>3</sup> trocken, nach Ern
  - p - Wasserdampfdruck
  - P - Partialdruck des Gas in mm W.S.
  - V - aus 1 Nm<sup>3</sup> durch entstandenes Volu
  - f - aus 1 Nm<sup>3</sup> durch entstanden und da 1 + Normalvolumen p
  - g - Gramm Wasserdam
  - w - Gramm Wasserdam auf t° und Sättigen
  - g - Taupunktgewicht von warmer und bei t°
  - L - Totale Verdampfung t° warmen Dampf in Kälteleiter (S. 350)
  - H - Wärmeinhalt des U Erwärmen auf t°
  - r - Wärmeinhalt von t° auf t° und Sättigen
  - Q - Gesamtwärmeinhalt t° und Sättigen be
- Berechnung von ...  
 t - Temperatur in °C  
 t<sub>s</sub> - Taupunkt in °C  
 b - Barometer stand in mm Hg  
 p - Überdruck in mm Hg
- $$f = \frac{v}{p} \cdot \frac{p_0}{1 + p_0}$$

Relative Feuchtigkeit

Erläuterungen zu Seite 8 und 9.

- $t$  - Temperatur in °C.
- $v$  - Volumen von 1 Nm<sup>3</sup> (Normal Kubikmeter bei 0° u. 760 mm) trocken, nach Erwärmen auf t°.  $v = \frac{2731+t}{2731}$
- $p$  - Wasserdampfdruck in mm Hg. Seite 6.
- $P$  - Partialdruck des Wasserdampfes in einem bei t° gesättigten Gas in mm W.S.  $P = \frac{10333}{760} \cdot p$
- $V$  - aus 1 Nm<sup>3</sup> durch Erwärmen auf t° und Sättigen bei t° entstandenes Volumen  $V = \frac{v \cdot 760}{760 - p}$
- $f$  - aus 1 Nm<sup>3</sup> durch Erwärmen auf t° und Sättigen bei t° entstandenes und dann auf 0° umgerechnetes Volumen = 1 + Normalvolumen des bei t° aufgenommenen H<sub>2</sub>O-Dampfes  $f = \frac{V \cdot 2731}{2731+t} = \frac{760}{760-p}$
- $g$  - Gramm Wasserdampf in 1 m<sup>3</sup> von t° bei (t° - Taupunkt).  $g = \frac{p}{760} \cdot \frac{8038 \cdot 2731}{2731+t} = \frac{2898 \cdot p}{2731+t}$
- $w$  - Gramm Wasserdampf in dem aus 1 Nm<sup>3</sup> durch Erwärmen auf t° und Sättigen bei t° entstandenen Volumen.  $w = V \cdot g = \frac{8038}{760-p} \cdot p$
- $g$  - Taupunktgewicht von Luft. Kubikmeter-Gewicht von t° warmer und bei t° gesättigter Luft.  $g = \frac{12929 \cdot 2731}{2731+t} + g = \frac{35309}{2731+t} + g$
- $L$  - Totale Verdampfungswärme von 0° warmen Wasser zu t° warmen Dampf in Kcal/Kg. (Mitteilung Nr. 132 der Wärmestelle des Vereins deutscher Eisenhüttenleute Seite 350)
- $K$  - Wärmehalt des Wasserdampfes, bezogen auf Wasser von 0° in dem aus 1 Nm<sup>3</sup> durch Erwärmen auf t° und Sättigen bei t° entstandenen Volumen  $K = w \cdot L$
- $r$  - Wärmehalt von trockener Luft in dem aus 1 Nm<sup>3</sup> durch Erwärmen auf t° und Sättigen bei t° entstandenen Volumen  $r = 1,29 \cdot t$
- $Q$  - Gesamtwärmehalt in dem aus 1 Nm<sup>3</sup> Luft, die bei t° gesättigt ist, bei t° entstandenem Volumen  $Q = r + K$

Berechnung von ... Gewichte aus ... den ...

$t_1$  - Temperatur in °C,  $s_1$  - m<sup>3</sup> Gewicht des trocknen Gases in Normalzustand Seite 8 Sp 4

$t_2$  - Taupunkt in °C,  $s_2$  - " " feuchter Gases bei t<sub>2</sub>° C und p mm Überdruck

$b$  - Barometerstand in mm Hg,  $w$  - Wasserdampfgehalt eines bei t<sub>2</sub>° gesättigten Nm<sup>3</sup>. Seite 8/9 Sp. w.

$p$  - Überdruck in mm Hg,  $f$  - Umrechnungsfaktor für t<sub>2</sub> Seite 8/9 Spalte f.

$$s_2 = \frac{s_1 \cdot f}{f} = \frac{2731}{2731+t} \cdot \frac{b \cdot p}{760} = \frac{0,3593 \cdot (s_1 + w) \cdot b \cdot p}{f \cdot (2731+t)}$$

Relative Feuchtigkeit = 100 ·  $\frac{s_2}{s_1}$  Sättigungsgrenzgrad  $w$  für Taupunkt  
 $w$  für Systemtemperatur

8			
t	v	P	V
0	1000	62	1006
1	1004	67	1010
2	1007	72	1014
3	1011	77	1018
4	1015	83	1023
5	1018	89	1027
6	1022	95	1031
7	1026	102	1036
8	1029	109	1041
9	1033	117	1045
10	1037	125	1049
11	1040	134	1054
12	1044	143	1058
13	1048	153	1063
14	1051	163	1068
15	1055	174	1073
16	1058	185	1078
17	1062	197	1083
18	1066	210	1088
19	1070	224	1093
20	1073	238	1098
21	1077	253	1103
22	1081	269	1109
23	1084	286	1115
24	1088	304	1120
25	1091	322	1126
26	1095	342	1133
27	1099	363	1139
28	1102	384	1145
29	1106	407	1151
30	1110	431	1158
31	1113	456	1165
32	1117	483	1172
33	1121	511	1179
34	1125	541	1187
35	1128	572	1195
36	1132	604	1203
37	1135	638	1211
38	1139	673	1219
39	1143	711	1227
40	1146	750	1236
41	1150	791	1246
42	1154	834	1256
43	1157	878	1265
44	1161	925	1275
45	1165	974	1286
46	1168	1026	1297
47	1172	1079	1309
48	1176	1135	1322
49	1180	1194	1335
50	1183	1255	1348

8

0°C - 760 mm Hg.

08271

t	v	P	V	f	g	w	g	L	K	q	Q.
0	1000	62	1006	1006	495	4.88	1.2979	595.0	2.903	0.000	2.903
1	1004	67	1010	10065	519	5.25	1.2934	595.5	3.126	0.311	3.437
2	1007	72	1014	1007	556	5.64	1.2891	595.9	3.361	0.622	3.983
3	1011	77	1018	10075	594	6.05	1.2848	596.4	3.608	0.933	4.547
4	1015	83	1023	1008	636	6.50	1.2806	596.8	3.877	1.244	5.083
5	1018	89	1027	10087	679	6.98	1.2764	597.3	4.169	1.555	5.724
6	1022	95	1031	10093	725	7.48	1.2724	597.8	4.472	1.866	6.338
7	1026	102	1036	1010	774	8.02	1.2683	598.2	4.798	2.177	6.975
8	1029	109	1041	10107	826	8.60	1.2644	598.7	5.149	2.488	7.637
9	1033	117	1045	10114	881	9.21	1.2605	599.1	5.518	2.799	8.317
10	1037	125	1049	10122	940	9.86	1.2566	599.6	5.912	3.110	9.022
11	1040	134	1054	1013	1000	10.54	1.2528	600.1	6.325	3.421	9.746
12	1044	143	1058	1014	106	11.28	1.2491	600.6	6.775	3.732	10.51
13	1048	153	1063	1015	113	12.06	1.2454	601.0	7.248	4.043	11.29
14	1051	163	1068	1016	121	12.88	1.2420	601.5	7.743	4.354	12.10
15	1055	174	1073	1017	12.8	13.76	1.2384	602.0	8.284	4.665	12.95
16	1058	185	1078	1018	136	14.68	1.2349	602.5	8.845	4.976	13.82
17	1062	197	1083	1019	144	15.67	1.2315	602.9	9.447	5.287	14.73
18	1066	210	1088	1021	154	16.71	1.2284	603.4	10.08	5.598	15.68
19	1070	224	1093	1022	163	17.82	1.2251	603.8	10.76	5.909	16.67
20	1073	238	1098	1023	172	18.98	1.2219	604.3	11.67	6.220	17.69
21	1077	253	1103	1025	184	20.22	1.2190	604.8	12.23	6.531	18.76
22	1081	269	1109	1027	194	21.53	1.2169	605.2	13.03	6.842	19.87
23	1084	286	1115	1028	206	22.92	1.2131	605.7	13.88	7.153	21.03
24	1088	304	1120	1030	218	24.39	1.2103	606.1	14.78	7.464	22.24
25	1091	322	1126	1032	230	25.94	1.2075	606.6	15.74	7.775	23.52
26	1095	342	1133	1034	243	27.58	1.2048	607.1	16.74	8.086	24.83
27	1099	363	1139	1036	257	29.31	1.2023	607.5	17.81	8.397	26.21
28	1102	384	1145	1038	272	31.15	1.1999	608.0	18.94	8.708	27.65
29	1106	407	1151	1041	287	33.08	1.1975	608.4	20.13	9.019	29.15
30	1110	431	1158	1043	303	35.12	1.1952	608.9	21.38	9.330	30.71
31	1113	456	1165	1046	320	37.28	1.1931	609.4	22.72	9.641	32.36
32	1117	483	1172	1049	33.8	39.57	1.1911	609.8	24.13	9.952	34.08
33	1121	511	1179	1052	35.6	41.97	1.1891	610.3	25.57	10.26	35.83
34	1125	541	1187	1055	37.5	44.54	1.1872	610.7	27.02	10.57	37.77
35	1128	572	1195	1058	39.5	47.26	1.1853	611.2	28.59	10.89	39.78
36	1132	604	1203	1062	41.6	50.11	1.1839	611.7	30.65	11.20	41.85
37	1135	638	1211	1066	43.9	53.11	1.1825	612.1	32.51	11.51	44.02
38	1139	673	1219	1070	46.7	56.24	1.1811	612.6	34.43	11.82	46.27
39	1143	711	1227	1074	49.6	59.63	1.1799	613.0	36.57	12.13	48.70
40	1146	750	1236	1078	51.0	63.08	1.1787	613.5	38.70	12.44	51.14
41	1150	791	1246	1083	53.7	66.91	1.1778	613.9	41.08	12.75	53.83
42	1154	834	1256	1087	56.4	70.77	1.1770	614.4	43.48	13.06	56.54
43	1157	878	1265	1093	59.2	74.92	1.1762	614.8	46.06	13.37	59.43
44	1161	925	1275	1098	62.2	79.37	1.1757	615.3	48.84	13.68	62.52
45	1165	974	1286	1104	65.3	83.99	1.1753	615.7	51.91	14.00	65.71
46	1168	1026	1297	1110	68.5	88.92	1.1750	616.2	54.79	14.31	69.10
47	1172	1079	1309	1116	71.8	94.04	1.1749	616.6	57.99	14.62	72.67
48	1176	1135	1322	1123	75.3	99.48	1.1749	617.1	61.39	14.93	76.32
49	1180	1194	1335	1130	78.9	105.1	1.1751	617.5	64.90	15.24	80.14
50	1183	1255	1348	1138	82.7	111.4	1.1755	618.0	68.85	15.55	84.40

t	v	P	V
51	1187	1318	1.361
52	1190	1385	1.375
53	1194	1455	1.390
54	1198	1527	1.406
55	1201	1602	1.423
56	1205	1681	1.440
57	1209	1762	1.458
58	1212	1848	1.477
59	1216	1936	1.497
60	1220	2028	1.518
61	1224	2124	1.540
62	1227	2224	1.563
63	1231	2328	1.588
64	1235	2435	1.615
65	1238	2547	1.644
66	1242	2664	1.674
67	1245	2785	1.705
68	1249	2910	1.740
69	1253	3040	1.776
70	1256	3175	1.814
71	1260	3315	1.856
72	1264	3460	1.901
73	1267	3611	1.948
74	1271	3768	2.001
75	1275	3929	2.058
76	1278	4097	2.118
77	1282	4269	2.186
78	1286	4449	2.259
79	1290	4635	2.340
80	1293	4828	2.429
81	1297	5027	2.527
82	1300	5233	2.634
83	1304	5445	2.758
84	1308	5666	2.898
85	1311	5894	3.053
86	1315	6129	3.223
87	1319	6371	3.411
88	1322	6623	3.614
89	1326	6881	3.970
90	1330	7149	4.377
91	1333	7425	4.739
92	1337	7710	5.270
93	1340	8004	5.948
94	1344	8307	6.860
95	1348	8620	8.132
96	1352	8942	10.05
97	1355	9274	13.27
98	1359	9617	19.61
99	1363	9970	38.83
100	1366	10333	

0°C - 760 mm Hg.											08222	9
t	v	p	v	f	g	w	g	L	K	q	Q	
51	1187	1318	1.361	1.146	866	117.9	1.1760	618.4	72.91	15.86	88.77	
52	1190	1385	1.375	1.155	908	124.7	1.1769	618.9	77.18	16.17	93.35	
53	1194	1455	1.390	1.164	950	132.0	1.1778	619.3	81.75	16.48	98.23	
54	1198	1527	1.406	1.173	993	139.7	1.1788	619.8	86.59	16.79	103.4	
55	1201	1602	1.423	1.183	1039	147.2	1.1801	620.2	91.60	17.11	108.7	
56	1205	1681	1.440	1.194	1085	156.3	1.1814	620.7	97.02	17.42	114.4	
57	1209	1762	1.458	1.205	1134	165.4	1.1830	621.1	102.7	17.73	120.4	
58	1212	1848	1.477	1.218	1185	175.0	1.1849	621.6	108.8	18.04	126.2	
59	1216	1936	1.497	1.230	1238	185.3	1.1870	622.0	115.3	18.35	133.7	
60	1220	2028	1.518	1.244	1293	196.3	1.1893	622.5	122.2	18.66	140.9	
61	1224	2124	1.540	1.259	1350	207.9	1.1918	622.9	129.5	18.97	148.5	
62	1227	2224	1.563	1.274	1409	220.5	1.1946	623.4	137.5	19.23	156.8	
63	1231	2328	1.588	1.291	1470	233.7	1.1976	623.8	145.8	19.59	165.4	
64	1235	2435	1.615	1.308	1534	247.8	1.2008	624.3	154.7	19.90	174.6	
65	1238	2547	1.644	1.327	1600	263.1	1.2043	624.7	164.4	20.22	184.6	
66	1242	2664	1.674	1.348	1667	279.1	1.2080	625.1	174.5	20.53	195.0	
67	1245	2785	1.705	1.369	1736	296.5	1.2118	625.5	185.5	20.84	206.3	
68	1249	2910	1.740	1.392	1811	315.0	1.2163	626.0	197.2	21.15	218.4	
69	1253	3040	1.776	1.417	1886	335.1	1.2207	626.4	209.9	21.46	231.4	
70	1256	3175	1.814	1.443	1964	356.5	1.2255	626.8	223.5	21.77	245.2	
71	1260	3315	1.856	1.472	2044	379.6	1.2305	627.2	238.1	22.08	259.2	
72	1264	3460	1.901	1.504	2129	404.7	1.2361	627.7	254.0	22.39	274.4	
73	1267	3611	1.948	1.538	2215	431.8	1.2417	628.1	271.2	22.70	290.9	
74	1271	3768	2.001	1.574	2305	461.2	1.2478	628.6	289.9	23.01	318.9	
75	1275	3929	2.058	1.614	2398	493.2	1.2547	629.0	310.2	23.33	333.5	
76	1278	4097	2.118	1.657	2492	528.0	1.2606	629.4	332.3	23.64	355.9	
77	1282	4269	2.186	1.705	2590	565.9	1.2675	629.8	356.4	23.95	380.4	
78	1286	4449	2.259	1.756	2691	607.9	1.2748	630.3	383.0	24.26	407.3	
79	1290	4635	2.340	1.814	2796	653.8	1.2824	630.7	412.4	24.57	437.0	
80	1293	4828	2.429	1.878	2904	704.9	1.2904	631.1	444.9	24.88	469.8	
81	1297	5027	2.527	1.947	3015	761.4	1.2986	631.5	480.8	25.19	506.0	
82	1300	5233	2.634	2.026	3130	824.9	1.3073	631.9	521.3	25.50	546.8	
83	1304	5445	2.758	2.115	3249	895.9	1.3164	632.4	566.6	25.81	592.4	
84	1308	5666	2.898	2.215	3370	975.9	1.3258	632.8	617.4	26.12	643.5	
85	1311	5894	3.053	2.327	3496	1067	1.3356	633.2	675.6	26.44	702.0	
86	1315	6129	3.243	2.457	3625	1172	1.3458	633.6	742.6	26.75	769.4	
87	1319	6371	3.441	2.608	3758	1293	1.3563	634.0	819.8	27.06	846.9	
88	1322	6623	3.684	2.785	3896	1433	1.3674	634.5	910.5	27.37	937.9	
89	1326	6881	3.970	2.994	4037	1602	1.3788	634.9	1017	27.68	1045	
90	1330	7149	4.317	3.242	4182	1806	1.3906	635.3	1147	27.99	1175	
91	1333	7425	4.739	3.551	4332	2052	1.4030	635.7	1304	28.30	1332	
92	1337	7710	5.270	3.938	4486	2363	1.4157	636.1	1503	28.61	1532	
93	1340	8004	5.948	4.432	4644	2762	1.4289	636.6	1758	28.92	1787	
94	1344	8307	6.860	5.095	4807	3296	1.4425	637.0	2070	29.23	2039	
95	1348	8620	8.132	6.024	4974	4044	1.4566	637.4	2578	29.55	2608	
96	1352	8942	10.05	7.418	5146	5168	1.4712	637.8	3296	29.86	3326	
97	1355	9274	13.27	9.243	5323	7038	1.4863	638.2	4492	30.17	4522	
98	1359	9617	17.61	11.397	5519	10788	1.5034	638.6	6889	30.48	6919	
99	1363	9970	23.83	18.363	5697	22076	1.5180	639.0	14707	30.79	14138	
100	1366	10333			5883	∞	1.5347	639.4	∞	31.10	-	

10	0°C - 760 mm Hg.				
	0°	100°	200°	300°	400°
Mitt					
H <sub>2</sub>	0.305	0.307	0.308	0.310	0.311
O <sub>2</sub>	0.311	0.311	0.312	0.312	0.313
N <sub>2</sub>	0.311	0.311	0.312	0.312	0.313
Ar	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223
CO <sub>2</sub>	0.388	0.409	0.428	0.444	0.458
CO	0.311	0.311	0.312	0.312	0.313
CH <sub>4</sub>	0.386	0.429	0.471	0.513	0.555
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.505	0.540	0.575	0.609	0.644
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.81	0.88	0.95	1.01	1.07
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1.01	1.10	1.18	1.26	1.34
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1.19	1.28	1.38	1.47	1.56
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.447	0.474	0.501	0.529	0.557
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>					
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>					
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>					
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.449				
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0.876	1.004	1.131	1.259	1.387
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>					
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	0.478				
HCN	0.45	0.44	0.45		
H <sub>2</sub> S	0.369	0.386	0.402	0.418	0.434
CH <sub>3</sub> SH					
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH					
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S					
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S					
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S					
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>					
CO <sub>2</sub> S					
S <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.388	0.404	0.420	0.436	0.452
NH <sub>3</sub>	0.385	0.413	0.442	0.470	0.498
H <sub>2</sub> O	0.370	0.371	0.372	0.374	0.375
Luft	0.311	0.311	0.312	0.313	0.314
1kg C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.103	0.106	0.109	0.112	0.115
1kg H <sub>2</sub> O	0.461	0.462	0.463	0.465	0.466



08224  
11

*bei konstantem Druck in kcal/Nm<sup>3</sup>*

<i>0°C - 760 mm Hg</i>															
1500°	1600°	1700°	1800°	1900°	2000°	2100°	2200°	2300°	2400°	2500°	2600°	2700°	2800°	2900°	
0.328	0.330	0.332	0.333	0.335	0.336	0.338	0.340	0.341	0.343	0.344	0.346	0.347	0.349	0.351	He
0.337	0.333	0.335	0.338	0.340	0.343	0.346	0.349	0.352	0.355	0.357	0.362	0.366	0.369	0.373	O <sub>2</sub>
0.337	0.333	0.335	0.338	0.340	0.343	0.346	0.349	0.352	0.355	0.359	0.362	0.366	0.369	0.373	N <sub>2</sub>
0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223					Ar
0.551	0.560	0.571	0.583	0.597	0.614	0.632	0.653	0.678							CO <sub>2</sub>
0.337	0.333	0.335	0.338	0.340	0.343	0.346	0.349	0.352	0.355	0.359	0.362	0.366	0.369	0.373	CO
															CH <sub>4</sub>
															C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
															C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
															C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> α
															C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
															C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
															C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
															C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> α
															C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> β
															C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
															C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
															C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
															C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>
															HCN
															H <sub>2</sub> S
															CH <sub>3</sub> SH
															C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH
															(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S
															(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S
															C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> S
															C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
															CO <sub>2</sub>
															S <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
															NH <sub>3</sub>
0.425	0.437	0.439	0.446	0.454	0.463	0.472	0.481	0.491	0.501	0.512	0.523	0.534	0.546	0.558	H <sub>2</sub> O
0.337	0.333	0.335	0.338	0.340	0.343	0.346	0.349	0.352	0.355	0.359	0.362	0.366	0.369	0.373	Luft

*und konstantem Druck in kcal/kg.*

0.390	0.394														1kg C
0.528	0.537	0.546	0.555	0.565	0.576	0.587	0.599	0.611	0.623	0.637	0.650	0.664	0.679	0.694	1kg H <sub>2</sub> O

12

*0°C - 760 mm Hg*

	0°	100°	200°	300°	400°
He	0.305	0.308	0.311	0.314	0.317
O <sub>2</sub>	0.311	0.312	0.313	0.315	0.317
N <sub>2</sub>	0.311	0.312	0.313	0.315	0.317
Ar	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223
CO <sub>2</sub>	0.388	0.429	0.463	0.490	0.511
CO	0.311	0.312	0.313	0.315	0.317
CH <sub>4</sub>	0.386	0.471	0.556	0.641	0.711
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.505	0.574	0.644	0.713	0.771
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.81	0.95	1.08	1.22	1.34
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> α	1.01	1.18	1.35	1.51	1.64
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	1.19	1.38	1.57	1.76	1.91
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.447	0.507	0.556	0.611	0.661
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>					
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> α					
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> β					
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.449				
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0.876	1.131	1.387	1.642	1.871
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>					
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	0.478				
HCN	0.454	0.447	0.464		
H <sub>2</sub> S	0.369	0.402	0.434	0.467	0.496
CH <sub>3</sub> SH					
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH					
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S					
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S					
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> S					
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>					
CO <sub>2</sub>					
S <sub>2</sub> O <sub>2</sub>					
NH <sub>3</sub>					
H <sub>2</sub> O	0.370	0.372	0.375	0.379	0.381
Luft	0.311	0.312	0.313	0.315	0.317

*und konstantem Druck in kcal/kg.*

1kg C <sub>graph</sub>	0.753	0.826	0.886	0.934	0.971
1kg H <sub>2</sub> O	0.467	0.463	0.467	0.472	0.476





08226  
13

$0^{\circ}\text{C} - 760\text{mm.Hg}$

und konstantem Druck in kcal/Nm<sup>3</sup>.

1500°	1600°	1700°	1800°	1900°	2000°	2100°	2200°	2300°	2400°	2500°	2600°	2700°	2800°	2900°	
0352	0355	0358	0361	0365	0368	0371	0374	0377	0380	0383	0387	0390	0393	0396	H <sub>2</sub>
0364	0369	0377	0384	0391	0394	0407	0415	0424	0433	0443	0452	0462	0473	0484	O <sub>2</sub>
0364	0369	0377	0384	0391	0399	0407	0415	0424	0433	0443	0452	0462	0473	0484	N <sub>2</sub>
0223	0223	0223	0223	0223	0223	0223	0223	0223	0223	0223					Ar
0683	0710	0766	0820	0884	0961	1049	1151	1267							CO <sub>2</sub>
0364	0369	0377	0384	0391	0399	0407	0415	0424	0433	0443	0452	0462	0473	0484	CO
															CH <sub>4</sub>
															C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
															C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
															C <sub>4</sub> H <sub>10n</sub>
															C <sub>5</sub> H <sub>12n</sub>
															C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
															C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
															C <sub>4</sub> H <sub>8α</sub>
															C <sub>5</sub> H <sub>10αβ</sub>
															C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
															C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
															C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
															C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>
															HCN
															H <sub>2</sub> S
															CH <sub>3</sub> SH
															C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH
															(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S
															(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S
															C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S
															CS <sub>2</sub>
															COS
															SO <sub>2</sub>
															NH <sub>3</sub>
0525	0546	0567	0590	0613	0639	0665	0692	0721	0751	0782	0815	0849	0883	0919	H <sub>2</sub> O
0364	0369	0377	0384	0391	0399	0407	0415	0424	0433	0443	0452	0462	0473	0484	Luft

und konstantem Druck in kcal/kg

	0461														1kg C
0654	0680	0706	0735	0763	0796	0828	0862	0898	0935	0974	1014	1056	1099	1143	1kg H <sub>2</sub> O

14	Zündpunkt in Luft innerhalb der Exp. Dr.	Explosions- grenze mit Luft		The
	°C	% Gas unt.	% Gas ob.	
	46	47	48	4
H <sub>2</sub>	450-540	41	74	0
O <sub>2</sub>				
N <sub>2</sub> rein				
Luft N <sub>2</sub>				
Ar				
CO <sub>2</sub>				
CO	650	12,5	74	0
CH <sub>4</sub>	700 ± 50	53	14	2
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	575 ± 55	32	12,5	3
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>		24	9,5	5
C <sub>4</sub> H <sub>10n</sub>		19	8,5	6
C <sub>5</sub> H <sub>12n</sub>	325	14	8,0	8
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	545	33	34	3
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	~500	22	9,7	4
C <sub>4</sub> H <sub>8α</sub>		17	9,0	6
C <sub>5</sub> H <sub>10αβ</sub>	415			7
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	423 ± 17	2,0	8,0	1
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	über 700	14	8,0	1
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	520-730			12
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	700			
HCN				
H <sub>2</sub> S	360	4,5	4,6	
CH <sub>3</sub> SH				
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH				
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S				
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S				
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S				
CS <sub>2</sub>				
COS				
SO <sub>2</sub>				
NH <sub>3</sub>	800	16	2,7	
H <sub>2</sub> O				
Luft				
C				

14	Zündpunkt in Luft innerhalb der Exp. Gr. °C	Explosions- grenze mit Luft		Theor. Verbrauch an		Verbrennungsprodukte bei 0% Luftüberschuß					08227 Verbrennungsgeschwindigkeit in Luft in cm/sek bei - % Gas.				
		unt.	ob.	O <sub>2</sub>	Luft						5%	10%	20%	40%	60%
		% Gas	% Gas	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	% CO <sub>2</sub>	% SO <sub>2</sub>	% H <sub>2</sub> O	% N <sub>2</sub>	m <sup>3</sup> pro m <sup>3</sup> brennb. Gas	cm/sek	cm/sek	cm/sek	cm/sek	cm/sek
		46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
H <sub>2</sub>	450-540	41	74	05	240	00	00	345	655	290		40	250	483	160
O <sub>2</sub>															
N <sub>2</sub> rein															
Luft N <sub>2</sub>															
Ar															
CO <sub>2</sub>															
CO	650	12,5	74	05	240	345	00	00	655	290			25	55	54
CH <sub>4</sub>	700 ± 50	53	14	20	9,59	94	00	189	717	10,59	26	66	~2		
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	575 ± 55	32	12,5	35	16,79	109	00	164	727	18,24	66	21			
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>		24	9,5	50	23,98	115	00	154	737	25,97	75				
C <sub>4</sub> H <sub>10n</sub>		19	8,5	65	31,18	119	00	148	733	33,67	40				
C <sub>5</sub> H <sub>12n</sub>	325	14	80	80	38,37	121	00	145	734	41,35	25				
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	545	33	34	30	14,39	130	00	130	740	15,38	20	22	~2		
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	~500	22	97	45	21,58	130	00	130	740	23,07	76				
C <sub>4</sub> H <sub>8 α</sub>		17	90	60	28,78	130	00	130	740	30,77					
C <sub>5</sub> H <sub>10nβ</sub>	415			75	35,97	130	00	130	740	38,46					
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	423 ± 17	20	80	25	11,99	160	00	80	760	12,49	50	110	35	~2	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	über 700	14	80	75	35,97	160	00	80	760	37,46					
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	520-730			120	57,55	168	00	67	765	59,53					
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	700			20	9,59	189	00	00	821	10,58					
HCN				125	600	148	00	74	778	6,75					
H <sub>2</sub> S	360	45	46	15	7,19	00	130	130	740	7,69		40	24		
CH <sub>3</sub> SH				30	14,39	65	65	130	740	15,38					
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH				43	21,58	87	43	130	740	23,07					
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S				45	21,58	87	43	130	740	23,07					
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S				75	35,97	104	26	130	740	38,46					
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S				60	28,78	134	34	67	765	29,77					
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>				30	14,39	72	139	00	791	14,38					
CO <sub>2</sub> S				15	7,19	130	130	00	740	7,69					
SO <sub>2</sub>				25(30)	24(30)	00	335(30)	00	655	2,90					
NH <sub>3</sub>	800	16	27												
H <sub>2</sub> O															
Luft															
C				10	4,80	209			78,1	4,30					

	Viskositäts Konstanten bei 0°-760	Stokes Konstanten
	g/cm. sek	
61	62	63
	00000948	30
	00001826	132
	00001675	114
	00001695	
	00002103	
	00001370	132
	00001660	122
	00001035	160
	00000863	272
	00000751	336
	00000682	402
	00000907	248
	00000783	332
	00000708	364
	00000954	278
	00000700	
	00000940	
	00000740(2)	
	00001175	312
	00000696(2)	
	00000924	
	00001126	320
	00001170	386
	00000918	352
	00000882	548
	00001724	119

67	Viskositätskonstanten bei 0°-760	Lutherland Konstanten	Diffusionskonstanten gegen			Brechungsindex für D-Linie gegen Vak. bei 0°-760	Dielektr. Konstanten bei 0°C.	08228 15
	g/cm sek		H <sub>2</sub> cm <sup>2</sup> /sek	CO <sub>2</sub> cm <sup>2</sup> /sek	Luft cm <sup>2</sup> /sek			
	62	63	64	65	66	67	68	
	00000642	30		0561	0679	1000139	1000264	H <sub>2</sub>
	00001926	132	0700	0134	0181	1000270	1000547	O <sub>2</sub>
	00001675	114	0670			10002985	1000606	N <sub>2</sub>
	00001695							Luft-N <sub>2</sub>
	00002103					1000283	1000579	Cl <sub>2</sub>
	00001370	132	0561		0134	1000449	1000946	CO <sub>2</sub>
	00001660	122				1000335	1000690	CO
	00001035	160	0625	0145		1000442	1000944	CH <sub>4</sub>
	00000863	272	0490			1000753		C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
	00000731	336						C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
	00000682	402						C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> α
						1001771		C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> α
	00000907	248	0505	0096		1000725	100131	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
	00000783	332				1001068		C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
	00000708	364						C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> α
						1001693		C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> αβ
	00000954	278				1000598		C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
	00000700		0338	00495	00994	1001820	10037 (100)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
					00675			C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
	00000940					1000822		C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>
	00000740(25)					1000438		HCN
	00001175	312				1000623		H <sub>2</sub> S
								CH <sub>3</sub> SH
								C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH
								(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S
								(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S
	00000896(100)							C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S
	00000924		0378	00584	00876	1001480	1001840	C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>
	00001126	330						CO <sub>2</sub> S
	00001170	386	0479			1000664	100992	SO <sub>2</sub>
	00000918	352			0179	1000380	100718 (100)	NH <sub>3</sub>
	00000882	548	0633	0127	0238	1000254	100705 (100)	H <sub>2</sub> O
	00001124	119	0679	0134		1000293	1000594	Luft
								C

16	Bildungswärme bei konst. Druck	
	pro Mol kcal/Mol	pro m <sup>3</sup> 0-760 kcal/m <sup>3</sup>
	69	70
	H <sub>2</sub>	
	O <sub>2</sub>	
	N <sub>2</sub>	
	Luft-N <sub>2</sub>	
	Cl <sub>2</sub>	
	CO <sub>2</sub>	+ 94,27 + 4235
	CO	+ 26,65 + 1190
	CH <sub>4</sub>	+ 18,23 + 815,3
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	+ 21,7 + 953
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	+ 27 + 1240
	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	+ 33 + 1520
	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	+ 39 + 1740
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	- 20,6 - 926
	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	- 11,6 - 534
	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	- 0,3 - 14
	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	+ 8,4 + (387)
	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	- 55,5 - 2500
	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	- 21,3 - 952
	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	- 33 - 1470
	C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	- 7,4 - 3320
	HCN	- 37,3 - 1420
	H <sub>2</sub> S	- 4,76 - 215
	CH <sub>3</sub> SH	+ 3,0 + (135)
	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	+ 10,6 + (477)
	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	+ 7,0 + (315)
	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	+ 17,3 + (779)
	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	- 26,0 - (1160)
	C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	- 17,3 - 777
	CO <sub>2</sub> S	+ 34,2 + 1550
	SO <sub>2</sub>	+ 70,94 + 3241
	NH <sub>3</sub>	+ 10,95 + 496
	H <sub>2</sub> O	+ 68,298 + 3048
	Luft	
	C graph	

08229

16	Bildungswärme bei konst. Druck		Hup Unterer Heizwert bei konst. Druck		Hop Oberer Heizwert bei konst. Druck		Heizwert Unt. u. oberer bei konst. Vol. 0-760	76
	pro Mol	pro m <sup>3</sup> 0-760	pro Mol	pro m <sup>3</sup> 0-760	pro Mol	pro m <sup>3</sup> 0-760		
	kcal/g-Mol	kcal/m <sup>3</sup>	kcal/g-Mol	kcal/m <sup>3</sup>	kcal/g-Mol	kcal/m <sup>3</sup>		
	69	70	71	72	73	74	75	
H <sub>2</sub>			57,582	25674	68,298	30452		
O <sub>2</sub>								
N <sub>2</sub>								
Luft-N <sub>2</sub>								
Ar								
CO <sub>2</sub>	+ 94,27	+ 4235						
CO	+ 26,65	+ 1190	67,620	30190	67,620	30190		
CH <sub>4</sub>	+ 18,23	+ 8153	191,21	8551	212,64	9510		
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	+ 21,1	+ 953	340,2	15360	372,3	16810		
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	+ 27	+ 1240	486,1	22270	529,0	24240		
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	+ 33	+ 1520	632,0	29080	685,6	31550		
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	+ 39	+ 1940	777,8	34800	842,1	37680		
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	- 20,6	- 926	324,3	14580	345,7	15540		
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	- 11,6	- 534	467,2	21520	499,3	23000		
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	- 0,3	- 14	607,7	28060	650,6	30040		
C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	+ 8,4	+ (387)	750,8	(34600)	804,4	(37100)		
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	- 55,5	- 2500	301,6	13570	312,3	14060		
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	- 21,3	- 952	758,7	33920	790,8	35350		
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	- 33	- 1470	120,6	53890	124,9	55800		
C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	- 74	- 3320	262,5	11990	262,5	11990		
HCN	- 37,3	- 1420	154,3	7014	159,7	7259		
H <sub>2</sub> S	- 4,76	- 215	123,69	55867	134,41	6071		
CH <sub>3</sub> SH	+ 30	+ (135)	277,4	(12500)	298,8	(13500)		
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	+ 10,6	+ (477)	421,7	(19000)	453,8	(20400)		
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	+ 70	+ (315)	425,3	(19200)	457,4	(20600)		
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	+ 17,3	+ (779)	718,6	(32400)	772,2	(34800)		
C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	- 26,0	- (1160)	589,2	(26300)	610,6	(27300)		
C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	- 17,3	- 777	253,4	11380	253,4	11380		
CO <sub>2</sub> S	+ 34,2	+ 1550	131,0	5940	131,0	5940		
SO <sub>2</sub>	+ 70,94	+ 3241						
NH <sub>3</sub>	+ 10,95	+ 496	75,43	3418	91,50	4146		
H <sub>2</sub> O	+ 68,298	+ 3048						
Luft								
C graph			94,27	4206	94,27	4206		

Heu und Ho berechnen sich für alle Verbindung C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>N<sub>a</sub>U<sub>b</sub> aus Heu und Ho  
 nach der Formel: Heu = Heu - Ho - (± b - 2c - 2d + 4) · 905 kcal/m<sup>3</sup>

Die in  
oder mit

08230

17

Die in den Spalten eingeklammerten Zahlen bedeuten geschätzte  
oder mit geschätzten Daten berechnete Werte.

18

Die Wärmeleitfähigkeit  
Querschnitt  $1 \text{ cm}^2$  hinsichtlich  
des Temperaturgefälles  
[ $\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$ ] ( $\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

Die spezifische Wärme  
für die in  $1 \text{ Nm}^3$  enthaltene  
Formel:  $c_p = 0,3137$

Explosionsgrenze  
Gehalte des Gemisches  
reiner Bestandteile

Die Verbrennungsgeschwindigkeit  
Werte der Spalten

Die Viskositätskoeffizienten  
der reibenden Flächen  
gehend unabhängig von  
Hierin ist  $T$  die absolute  
C die Sutherlandkonstante

Die Diffusionskoeffizienten  
bei dem Konzentrationsgefälle  
Konzentrationsgefälle  
Konzentrations Einheit

Der Brechungsindex  
Brechungswinkel  
 $n_{t,r} - 1 = (n_0 - 1) \cdot \frac{t}{r}$

Die Dielektrizitätskonstante  
Körper im Vakuum  
Clausius-Mossotti

Die Bildungswärme  
1 g Mol bzw.  $1 \text{ Nm}^3$   
760 mm haben gebildet

$K_{up}$  und  $K_{ov}$  (e)  
ometrischen Verbrennung  
aber konstantem  
Wasser von  $0^\circ\text{C}$

$K_{uv}$  und  $K_{ov}$  (e)  
Verbrennung von  
ten Volumen auf  
Die Differenz  $K_{uv}$   
Verbrennung bei

Die Wärmeleitfähigkeit (Spalte 20) ist die Wärmemenge in cal, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt 1 cm<sup>2</sup> hindurchfließt, wenn senkrecht zu diesem Querschnitt auf der Strecke 1 die Einheit des Temperaturgefälles herrscht. Sie ist angegeben in  $\frac{\text{cal}}{\text{cm} \cdot \text{sek} \cdot \text{grad}}$  und hat die Dimension: [J. L<sup>-1</sup>. t<sup>-1</sup>] (J. Entropie)

Die spezifische Wärme in Abhängigkeit vom Druck errechnet sich nach Holborn und Jakob für die in 1 Nm<sup>3</sup> enthaltene Menge eines 2-atomigen Gases bei 60° und von 1-300 ata nach der Formel:  $c_p = 0,3131 + 0,370 \cdot 10^{-3} \cdot p + 0,650 \cdot 10^{-7} \cdot p^2 - 0,137 \cdot 10^{-9} \cdot p^3 \text{ kcal/m}^3$ .

Explosionsgrenze eines Gemisches -  $N = \frac{n_1 + n_2 + n_3 \dots}{\frac{n_1}{n_1} + \frac{n_2}{n_2} + \frac{n_3}{n_3} \dots}$  Hierin sind  $n_1, n_2, n_3$  die Prozentgehalte des Gemisches an den einzelnen Bestandteilen und  $n_1, n_2, n_3$  die Explosionsgrenzen der reinen Bestandteile. (Spalte 47+48)

Die Verbrennungsgeschwindigkeiten sind von der Gefäßform abhängig. Deshalb haben die Werte der Spalten 56-60 nur relative Bedeutung.

Die Viskositätskonstante, Spalte 62 stellt den inneren Reibungswiderstand dar bei Einheit der reibenden Fläche und Einheit der Verschiebungsgeschwindigkeit. Sie ist vom Druck weitgehend unabhängig. Mit der Temperatur ändert sie sich nach der Gleichung:  $\eta = \eta_0 \cdot \frac{273 + T}{273 + T_0}$  Hierin ist T die absolute Temperatur in °K,  $\eta_0$  die Viskositätskonstante bei 0°C (Spalte 62) und C die Sutherlandkonstante, Spalte 63. Bei tiefen Temperaturen trifft die Gleichung nicht mehr zu.

Die Diffusionskonstante Spalte 64-66 bezeichnet diejenige Menge in cm<sup>3</sup>, die in der Zeiteinheit bei dem Konzentrationsgefälle 1 durch eine Querschnittseinheit diffundiert. Das Konzentrationsgefälle 1 liegt dann vor, wenn die Konzentration pro Längeneinheit um 1 Konzentrationsseinheit abnimmt.

Der Brechungsindex (Spalte 67) stellt das Verhältnis von sin Einfallswinkel zu sin Brechungswinkel dar. Für seine Abhängigkeit von Druck und Temperatur gilt die Gleichung  $n_{t,p} - 1 = (n_0 - 1) \frac{p \cdot 273}{760 \cdot T}$

Die Dielektrizitätskonstante (Spalte 68) ist das Verhältnis der Kraftwirkung zweier geladener Körper im Vakuum zu der im Dielektrikum. Bei Änderung des Druckes p gilt das Clausius-Mossottische Gesetz  $\frac{D-1}{D+2} \cdot \frac{1}{p} = \text{konst.}$  Für Abhängigkeit von der Temperatur siehe Jona Phys. Ztschr. 1919 Seite 14.

Die Bildungswärme (Spalte 69 u 70) ist diejenige Wärmetönung in kcal, die auftritt, wenn 1 g Mol bzw. 1 Nm<sup>3</sup> in Gasform aus den Elementen in dem Zustand, den sie bei 0°C und 760 mm haben, gebildet wird.

$H_{up}$  und  $H_{op}$  (Spalte 71-74) sind diejenigen Wärmetönungen, welche bei der stöchiometrischen Verbrennung von 1 g Mol bzw. 1 Nm<sup>3</sup> des betreffenden Gases bei beliebigem, aber konstantem Druck auftreten, bezogen auf Wasserdampf 0°C-760 ( $H_{up}$ ); bzw. Wasser von 0°C ( $H_{op}$ ).

$H_{uv}$  und  $H_{ov}$  (Spalte 75) sind diejenigen Wärmetönungen, welche bei der stöchiometrischen Verbrennung von 1 g Mol bzw. 1 Nm<sup>3</sup> des betreffenden Gases bei beliebigem aber konstantem Volumen auftreten, bezogen auf Wasserdampf 0°C-760 ( $H_{uv}$ ) bzw. Wasser von 0°C ( $H_{ov}$ ).

Die Differenz  $H_{up} - H_{uv}$  bzw.  $H_{op} - H_{ov}$  entspricht der Volumenarbeit, die bei der Verbrennung bei konstantem Druck zu Gunsten der Wärmetönung gewonnen wird.

	Dampfdruck	
	760 mm	760 mm
CO <sub>2</sub>	35	30
O <sub>2</sub>	90	90
CO	429	476
H <sub>2</sub>	428	479
CH <sub>4</sub>	91	90
N	49	40
H <sub>2</sub> O 0°C	260	250
H <sub>2</sub> O 0°C	2780	2750

	Mi-Misch	
	Mittel	Standard
CO <sub>2</sub>	64	51
CO	470	389
H <sub>2</sub>	369	350
CH <sub>4</sub>	10	05
N <sub>2</sub> +Ar	49	49
H <sub>2</sub> O 0°C	2270	2270
H <sub>2</sub> O 0°C	2460	2350

	Wi-Misch	
	Mittel	Standard
CO <sub>2</sub>	724	95
CO	343	572
H <sub>2</sub>	228	212
N <sub>2</sub>	300	244
H <sub>2</sub> S	91	91
CH <sub>4</sub>	94	92
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>		
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>		
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>		
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>		
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>		
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>		
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>		
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>		
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>		
H <sub>2</sub> O 0°C	1660	1540
H <sub>2</sub> O 0°C	1770	1660

# Normal-Analysen

08232

auf Grund der Monatsmittel des Jahres 1837.

	Wassergas + O <sub>2</sub>		Ni-Wassergas		O-Wassergas		Säure-Wassergas		Alkohol-Wassergas			
	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	aus Holz		aus Schrott.	
									Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.
CO <sub>2</sub>	35	30-43	34	26-48	36	32-44	67	58-89	95	92-122	26	19-36
O <sub>2</sub>	90	90-91	90	90-91	90	90-91	90	90	90	90	90	90
CO	429	416-434	426	402-436	428	413-430	245	205-287	348	324-375	333	322-371
H <sub>2</sub>	428	429-424	421	454-426	521	515-526	134	98-156	27	22-43	37	21-61
CH <sub>4</sub>	91	90-93	91	90-93	92	91-94	90	90-91	90	90	90	90
N	49	40-61	68	51-82	13	10-17	554	495-606	626	591-639	604	510-635
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2500	2520-2530	2500	2430-2570	2550	2500-2670	2080	950-2650	1120	1070-1230	1100	980-1390
H <sub>2</sub> O <sub>1</sub>	2780	2750-2820	2730	2680-2770	2790	2850-2920	1150	990-1330	1130	1080-1230	1120	990-1430

	Ni-Mischgas		Ni-Kontakgas		O-Kontakgas		Hy-Kontakgas		Rückgas		Kolnigas	
	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.
CO <sub>2</sub>	64	51-82	314	307-324	154	147-157	299	297-302			90	90-91
CO	410	387-418	25	28-37	255	250-262	40	39-42			90	90
H <sub>2</sub>	369	350-384	547	529-557	367	354-370	638	635-640	546	495-584	658	641-675
CH <sub>4</sub>	10	05-10	10	10	99	98-10	99	97-10	119	90-166	84	56-69
N <sub>2</sub> +Ar	47	128-169	120	72-117	15	14-17	14	13-16	335	327-352	278	257-293
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	2270	2270-2320	1580	1350-1830	2300	2290-2320	1830	1810-1850	2420	2230-2890	2240	2120-2890
H <sub>2</sub> O <sub>1</sub>	2460	2350-2630	1850	1320-1700	2580	2560-2610	2150	2120-2160	2790	2580-3090	2670	2550-2680

	Ni-Mischgas		Säure-Wassergas		Ni-Kontakgas	
	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.	Mittel	Schwankg.
CO <sub>2</sub>	124	95-161	476	458-485	99	75-124
CO	343	322-372	25	24-36	197	161-214
H <sub>2</sub>	228	212-244	65	62-67	122	103-135
N <sub>2</sub>	300	244-324			570	564-576
H <sub>2</sub> S	91	91-92	136	127-144	96	95-97
CH <sub>4</sub>	94	92-98	156	157-171	96	94-99
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>			34	33-34		
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>			98	96-10		
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>			91	91		
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>			94	93-95		
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>			10	97-13		
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>			16	13-20		
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>			97	96-98		
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>			93	92-95		
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1660	1540-1720	4230	4160-4320	990	940-1040
H <sub>2</sub> O <sub>1</sub>	1790	1660-1830	4622	4550-4720	1060	1010-1110

	Luft	
	Vol. %	Bar. %
N <sub>2</sub>	7877	7561
O <sub>2</sub>	2085	2304
Ar	994	130
CO <sub>2</sub>	903	905
H <sub>2</sub>	991	
Ne	9991	
Kr	9991	
He	99994	
Xe	99991	

Institut für

Fachgl  
im Re



6

08233

**Geheim**

Institut für chemische Technologie der Technischen Hochschule  
München

Versuchslaboratorium für Mineralöle  
Vorstand: o.Prof.Dr.Ing.A.W.Schmidt

FORSCHUNGSBERICHTE  
der  
Fachgliederung Treibstoffe  
im Reichsforschungsrat

Band III  
Motorischer Teil

Inhaltsverzeichnis

1. Die motorische B
2. Einfluß der Okta  
und Verbrauch ei
3. Untersuchung von  
mit der Prüfung
4. Fahrversuche mit  
Bauart

08234

Inhaltsverzeichnis des III. Bandes

	Seite
1. Die motorische Bewertung von Dieselkraftstoffen Prof. A. W. Schmidt.....	1
2. Einfluß der Oktanzahl auf Klopfverhalten, Leistung und Verbrauch eines Fahrzeugmotors Dr.-Ing. habil. Kneule...	22
3. Untersuchung von Verbrennungsgeräuschen in Verbindung mit der Prüfung von Dieselkraftstoffen Dr.-Ing. Paul Funck....	40
4. Fahrversuche mit Personenzugmaschinen verschiedener Bauart Dr.-Ing. Herbert ...	

Die motorische

Dieselmotoren

Die grundsätzliche Voraussetzung für den Betrieb der mit Selbstzündung arbeitenden Dieselmotoren besteht darin, daß sich der in die heisse verdichtete Luft eingespritzte Brennstoff ohne Inanspruchnahme einer fremden Zündquelle von selbst entzündet. Die Ermittlung der Zündeigenschaften eines Dieselmotorkraftstoffes spielte daher von jeher eine ausschlaggebende Rolle und wurde auch dem Verfahren der Ca-Zahlbestimmung zugrunde gelegt.

In den letzten Jahren ist man jedoch zu der Erkenntnis gekommen, daß für die Güte eines Dieselmotorkraftstoffes die Zündverzugsbewertung allein nicht immer genügt. Die Tatsache, daß zwei Kraftstoffe gleichen Zündverzug, d.h. bei gleichen motorischen Verhältnissen eine gleiche Aufbereitungszeit benötigen, bedeutet nämlich nicht unbedingt, daß auch die Verbrennungseigenschaften bei beiden Kraftstoffen die gleichen sind. Es können der Druckanstiegswinkel, der Höchstdruck und auch die Nachbrenndauer verschiedene Werte aufweisen. Da die Verbrennungsgeschwindigkeit mit der Zündverzugsmethode nicht erfaßt werden kann, wurde versucht, einen Weg zu finden, der auch die anderen für die Verbrennung maßgebenden Kenngrößen bei gegebenen motorischen Betriebsbedingungen zu erfassen vermag.

Aus Grund der Erfahrungen, die man mit Klopfmessungen an Otto-Motoren gemacht hat, schien es aussichtsreich zu sein, auch bei Dieselmotoren eine objektive Messung der Laufgeräusche vorzunehmen; denn die Verbrennungseigenschaften der Kraftstoffe müssen sich ja letzten Endes mehr oder weniger durch einen weichen oder harten Motorenlauf bemerkbar machen. Es wurden daher Versuche unternommen, auch bei einem Dieselmotor die elektroakustische Methode anzuwenden, die sich hinsichtlich der Beurteilung von Otto-Motoren bereits außerordentlich bewährt hatte. Neben der Objektivität des Verfahrens liegt bekanntlich ein besonderer Vorteil darin, daß es nicht notwendig

ist, am Zylinder vorzunehmen, was über dem normalen können. Als weil die elektroakustische Zylindermotorlich ihrer Laufgeschwindigkeit auf die festzustellen.

#### Versuchseinrichtung

Zur Aufnahme der teils piezoelektrischen bei Otto-Motoren schwingungszahlen Da die Klopfschwam in der Größenordnung des großen Frequenzen werden. Das stand von 1 mm v Geber wurde unim so daß auf diese te. Gleichzeitig ner Quarzkammer strahlloszillographischer Strahl für die Aufzeichnung des die Verstärkerstufe verschiedener Sp stufe erfolgte, werden. Das Sättigung lenkung des Strahls Auch das Verhältnis der freigegebenen Isolation der Qualitätswerten Verlust

ist, am Zylinderkopf irgendwelche Anbauten oder Anbohrungen vorzunehmen, wodurch die motorischen Arbeitsbedingungen gegenüber dem normalen Zustand in irgendeiner Weise verändert werden können. Als weiterer grundsätzlicher Vorteil kommt hinzu, daß die elektroakustische Methode die Möglichkeit bietet, auch an Mehrzylindermotoren sämtliche Zylinder gleichzeitig hinsichtlich ihrer Laufgeräusche zu beobachten und den Einfluß des Kraftstoffes auf die Arbeitsweise jedes einzelnen Zylinders sofort festzustellen.

#### Versuchseinrichtung

Zur Aufnahme der Klopfgeräusche wurden teils elektromagnetische, teils piezoelektrische Empfänger verwendet, die sich bereits bei Otto-Motoren als sehr brauchbar erwiesen hatten. Die Eigenschwingungszahlen der beiden Empfänger liegen über 10000 Hz. Da die Klopferschwingungszahl des verwendeten Dieselmotors sich in der Größenordnung von 1200-1300 Hz bewegt, können infolge des großen Frequenzunterschiedes markante Geräuschbilder erhalten werden. Das elektromagnetische Mikrophon wurde in einem Abstand von 1 mm vom Motorblock angebracht. Der piezoelektrische Geber wurde unmittelbar an einer Zylinderkopfschraube befestigt, so daß auf diese Weise der Körperschall aufgenommen werden konnte. Gleichzeitig wurden auch Druckverlaufsbilder mit Hilfe einer Quarzkammer aufgenommen. Als Aufnahmegerät diente ein Zweistrahloszillograph, Bauart Dr. Nier-Bresden, wobei der obere Strahl für die Aufzeichnung der Geräusche, der untere für die Aufzeichnung des Druckverlaufes benützt wurde.

Die Verstärkercharakteristik, deren Überprüfung durch Anlegen verschiedener Spannungen an das Gitter der ersten Verstärkerstufe erfolgte, konnte für die Versuche als linear betrachtet werden. Das Sättigungsgebiet wurde erst erreicht, wenn eine Ablenkung des Strahles fast über den ganzen Leuchtschirm erfolgte. Auch das Verhältnis zwischen Druckbeanspruchung der Quarze und der freigegebenen elektrischen Ladung konnte wegen der hohen Isolation der Quarze als linear angesehen werden, da keine nennenswerten Verluste auftreten konnten. Bild 1 stellt den Druck-

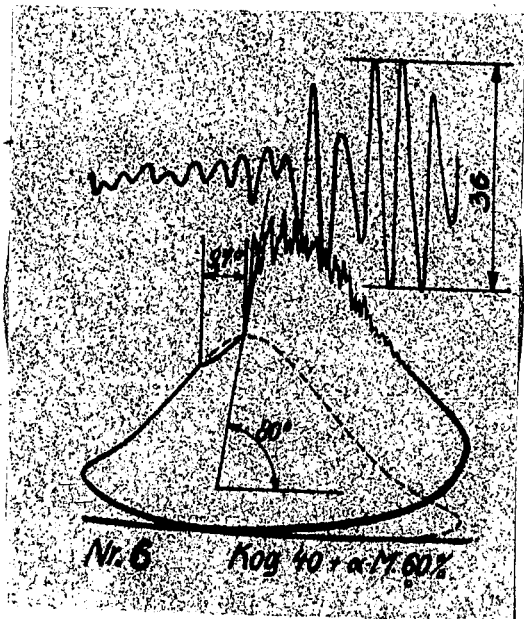
POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

08238

Bild 1



verlauf und  
motors dar,  
sin II und 6  
reichung des  
benutzt, bei  
der hier int  
bereich von  
punkt wurde  
ren Totpunkt  
wurde eine a  
Diagrammteil  
den wahren V  
auf Drucksch  
sich in dem  
denen Raum be

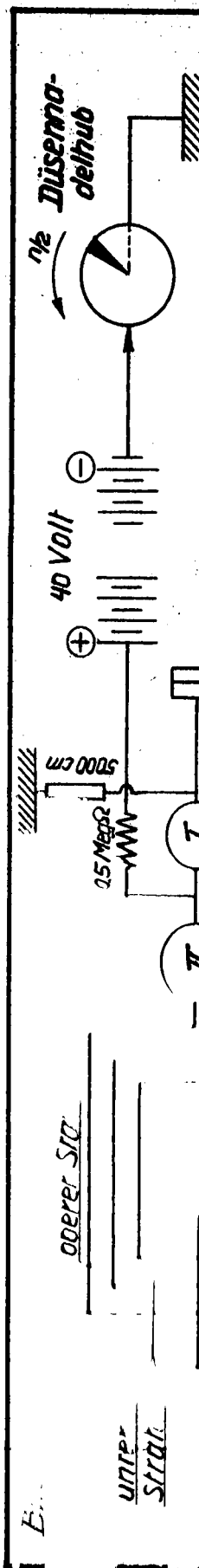
Für die photo  
de, wie im Sc  
Ablenkplatten  
geben. Der St  
hinaus abgele  
Vorspannung b  
vorganges auf  
lief dabei mi  
war deshalb n  
Strahles währ  
und dadurch e  
Geräuschampli  
nach ihren ma  
der Amplitude  
hartem Gang d  
eine Mittelwe  
da der Geräus  
Zündverzugswe

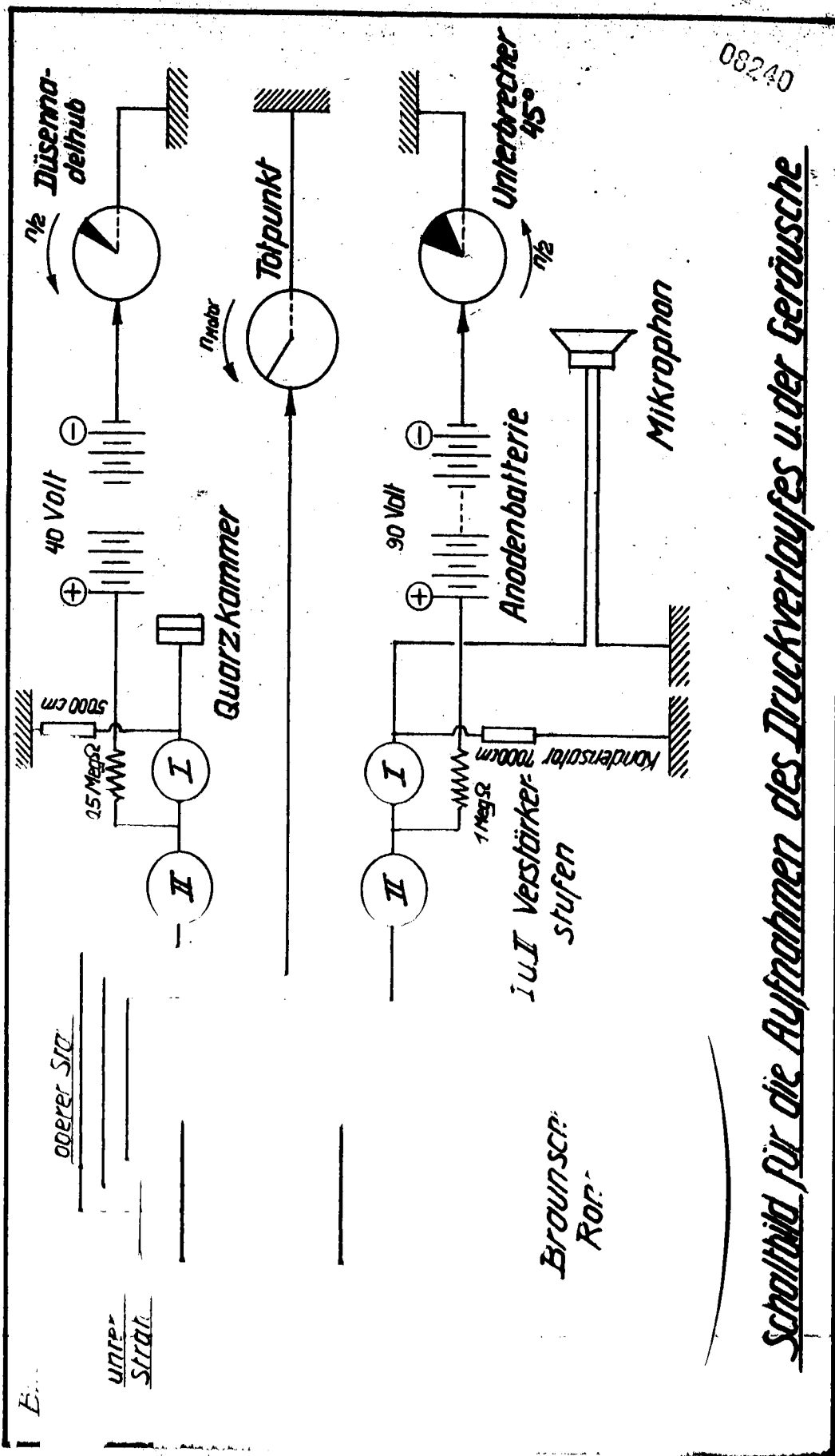
POOR  
COPY

6

verlauf und das Geräusch eines einzylindrigen Prüfdieselmotors dar, wobei als Kraftstoff eine Mischung von 40% Kogasin II und 60%  $\alpha$ -ethylnaphthalin verwendet wurde. Zur Erreichung des stehenden Bildes wurde ein Wasserringübertrager benutzt, bei dem die Schaltung so eingerichtet wurde, daß der hier interessierende Teil des Druckverlaufes auf einen Bereich von 90°KW auseinandergezogen wurde. Der Einspritzpunkt wurde so eingestellt, daß der Druckanstieg um den oberen Totpunkt erfolgte. Bei der Auswertung des Druckanstieges wurde eine ausgleichende Linie genommen, da die im oberen Diagrammteil, siehe Bild 1, vorhandenen Schwingungen nicht den wahren Verlauf im Verbrennungsraum wiedergeben, sondern auf Druckschwankungen der Gasmasse zurückzuführen sind, die sich in dem zwischen Zylinder und Indikatormembrane vorhandenen Raum befindet.

Für die photographische Registrierung der Klopfgeräusche wurde, wie im Schaltschema des Bildes 2 angegeben ist, auf ein Ablenkplattenpaar der Braunschen Röhre eine Vorspannung gegeben. Der Strahl, der hierdurch über den ganzen Leuchtschirm hinaus abgelenkt war, wurde für die Dauer von 90°KW mit einer Vorspannung belastet, so daß er nur während des Verbrennungsvorganges auf dem Leuchtschirm erschien. Der Unterbrecher lief dabei mit halber Motordrehzahl. Die genannte Schaltung war deshalb notwendig, weil beim "stehenden Bild" der Weg des Strahles während eines Arbeitsspiels 4mal durchlaufen wird und dadurch ein "Bereinanderzeichnen der Motorgeräusche und Geräuschamplituden erfolgen würde. Die Geräuschbilder wurden nach ihren maximalen Ausschlägen ausgewertet. Die Streuung der Amplituden war verhältnismäßig gering und nahm erst bei hartem Gang der Maschine zu. Es schien daher berechtigt, auf eine Mittelwertbildung aus mehreren Diagrammen zu verzichten, da der Geräuschwert eine unmittelbare Folge des einzelnen Zündverzugswertes und der Kraftstoffeigenschaften ist.





mit Hilfe di  
der Zündverz  
räusch besti  
zur Untersuc  
aufgeführten

Kraftstoff Dichte  
Nr. bei 20°

Kraftstoff Nr.	Dichte bei 20°
143	0,859
125	0,8246
9	0,877
10	0,862
11	0,868
137	0,841
101	0,883
105	0,891

A. Versuche an

Die ersten gru  
nes Dieselmoto

1) Die unter A  
durchgeführt,  
kraftstoffen,

Mit Hilfe dieser Versuchseinrichtung konnten gleichzeitig der Zündverzug, der Druckerhöhung, der Höchstdruck und das Geräusch bestimmt werden.

Zur Untersuchung gelangten die in nachstehender Zahlentafel I aufgeführten Kraftstoffe.

Zahlentafel I

Kraftstoff Nr.	Dichte bei 20°	Siede- kennziffer	Viskos. b. 20°C in °E	Flammp. P.M. in °C	Stockp. in °C	Gehalt an ungesättig. KW und Aromat. in %
143	0,859	249	1,10	+73	-20	28
125	0,8246	295,4	1,62	+90	-25	20
9	0,877	277	1,72	+74	-30	25
10	0,862	269	1,35	+65	-38	21,5
11	0,868	271	1,39	+69	-33	26
137	0,841	250,1	1,22	+83	-34	20
101	0,883	269,0	1,31	+60	- 8	50
105	0,891	238,4	1,25	+86	-10	57

Versuchsergebnisse 1)

A. Versuche am Kammprüfmotor

Die ersten grundsätzlichen Versuche über das Laufgeräusch eines Dieselmotors wurden an einem Einzylinderprüfmotor, Bauart

1) Die unter A und B besprochenen Versuche wurden von A. Schmid durchgeführt, siehe A. Schmid, Motorische Bewertung von Dieselmotorkraftstoffen, Diss. TH München 1940

Kamm, durchg  
wieweit der  
auf die Verb  
In Bild 3 si  
wert in Abhän  
schiene Läng  
erreicht wur  
stellt. Das  
1500 U/min.  
Methylnaphth  
non Werte wu  
bunden.  
Ganz allgeme  
der Mischun  
ner ist als  
OT ihre maxim  
die durch die  
folge der Ver  
Bei einer nac  
durch den ab  
Brennraumes  
Die Tatsache  
Meßwerte erg  
ven liegen, z  
zugsmischunge  
auch festgest  
cher Kraftsto  
unterschied.  
Zündverzuges  
in besonders  
Nr. 105 der Fa  
Kraftstoff Nr  
guten Zündver  
winkel, sowie  
stoff wird, w  
beurteilt, da



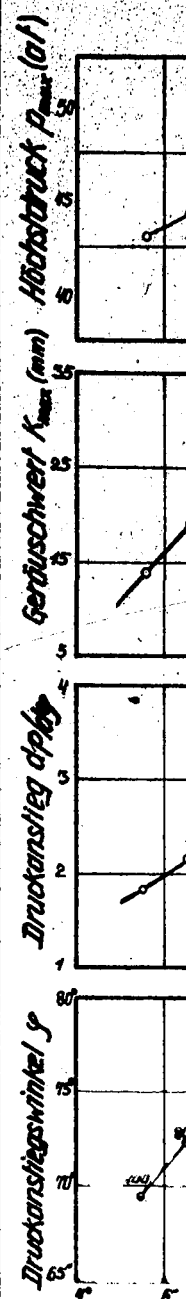
08242

Kamm, durchgeführt. In dieser Versuchsreihe wurde geprüft, inwieweit der Einfluß der verschiedenen Kraftstoffbeschaffenheit auf die Verbrennung durch Geräuschemessungen erfaßt werden kann. In Bild 3 sind Druckanstieg und Höchstwert, sowie der Geräuschwert in Abhängigkeit vom Zündverzug dargestellt, dessen verschiedene Länge durch Kraftstoffe unterschiedlicher Octanzahl erreicht wurde. Der Einspritzpunkt wurde auf  $12^\circ$  vor OT eingestellt. Das Verdichtungsverhältnis betrug 16:1, die Drehzahl 1500 U/min. Als Vergleichsmischungen wurden Kogasin II und  $\alpha$ -Methylnaphthalin verwendet. Die mit diesen Mischungen erhaltenen Werte wurden durch eine ausgezogene Kurve miteinander verbunden.

Ganz allgemein ist zunächst festzustellen, daß die Meßgrößen der Mischungen nur solange zunehmen, als der Zündverzug kleiner ist als der Voreinspritzwinkel. Sie erreichen kurz vor dem OT ihre maximalen Werte. Erfolgt die Zündung vor dem OT, so wird die durch die Verbrennungsenergie bewirkte Drucksteigerung infolge der Verkleinerung des Brennraumes noch weiter verstärkt. Bei einer nach dem OT einsetzenden Zündung bewirkt dagegen die durch den abwärts gehenden Kolben verursachte Vergrößerung des Brennraumes eine Verlangsamung des Druckanstieges.

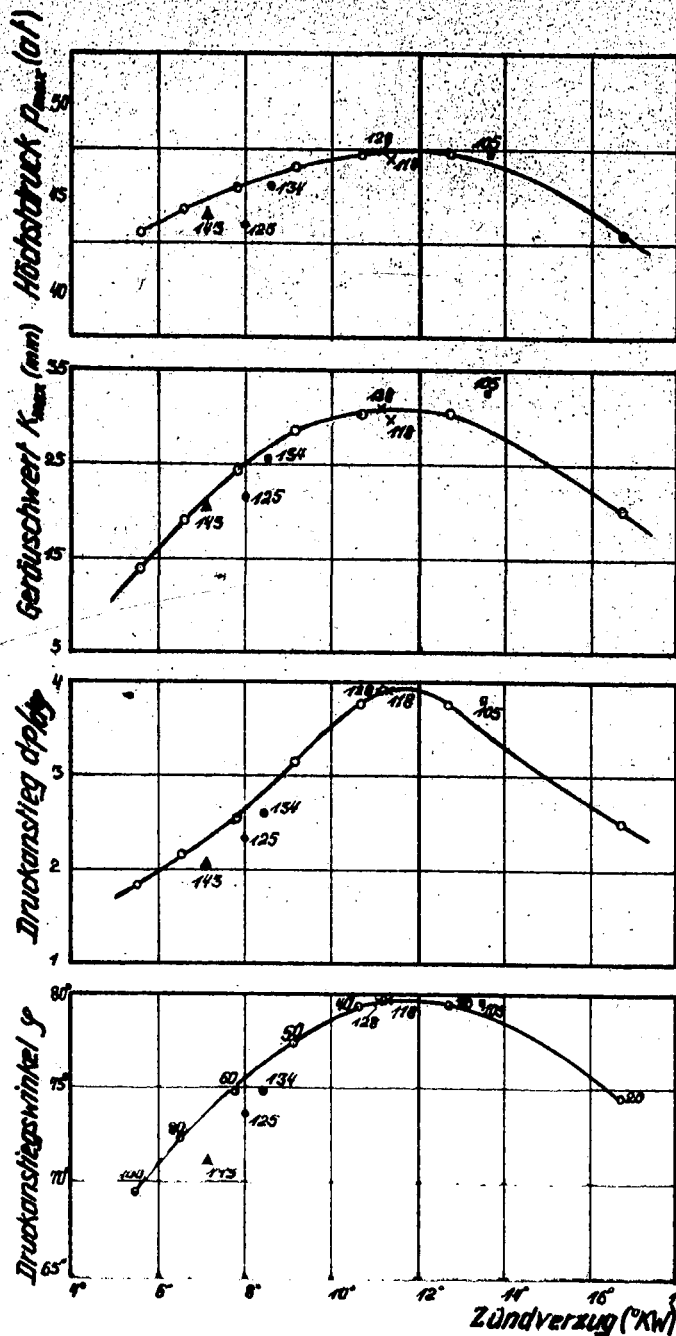
Die Tatsache, daß ein Teil der untersuchten Kraftstoffe ebenfalls Meßwerte ergab, die auf oder in unmittelbarer Nähe dieser Kurven liegen, zeigt, daß zwischen diesen Kraftstoffen und den Bezugsmischungen eindeutige Beziehungen bestehen. Es konnte aber auch festgestellt werden, daß sich das motorische Verhalten mancher Kraftstoffe wesentlich von demjenigen der Bezugsmischungen unterschied. Gewisse Kraftstoffe weisen demnach trotz gleichen Zündverzuges verschiedene Verbrennungseigenschaften auf, wie es in besonders auffallendem Maße bei den Kraftstoffen Nr. 125 und Nr. 105 der Fall ist.

Kraftstoff Nr. 125, ein iranisches Dieselöl, besitzt neben einem guten Zündverzug einen verhältnismäßig sehr kleinen Druckanstiegs-  
winkel, sowie auch einen geringen Spitzendruck, d.h. der Kraftstoff wird, wenn man den Zündverzug allein betrachtet, zu schlecht beurteilt, da seine sonstigen Verbrennungseigenschaften wesent-



DRUCK  
in  
Kamm  
Eichung  
Die Punkte

Bild 3  
08243



• Kraftstoff 115  
Gemisch-Diesel-Kraftstoff

• Kraftstoff 125  
Erdöl-Diesel-Kraftstoff

• Kraftstoff 134  
Erdöl-Diesel-Kraftstoff

× Kraftstoff 118  
Braunkohlen-Diesel-Kraftstoff

× Kraftstoff 128  
Braunkohlen-Diesel-Kraftstoff

• Kraftstoff 105  
Crack-Diesel-Kraftstoff

**Druckanstieg, Geräuschwert u. Höchstdruck**  
**in Abhängigkeit vom Zündverzug**

Kamm-Motor,  $n=1500 \frac{1}{min}$ ,  $\epsilon=16,1$ , Einspritzpunkt  $12^\circ KW$   
v. O.T.

Eichmischungen: Kog II +  $\alpha$ -Methylnaphthalin

z.B. 80% Kog II + 20%  $\alpha$ -M.

Die Punkte für die Eichmischungen wurden durch eine ausgezogene Linie verbunden.

lich günstige  
chen weiche  
sind bei die  
verzug ents

Die Kraftstoff  
Braunkohlend  
mischungen e  
Höchstdruck  
wertet werde

Dagegen zeigt  
gewonnener K  
ausgesproche  
Höchstdruck-  
stärke deutl  
harte Verbre  
die Moleküle  
standen habe  
als die Mole  
her offenbar  
der ganze ei  
langt, was d

Die zuletzt  
tung aufkomme  
räusche die  
rische Verbre  
anstieg und  
Um jedoch das  
können, müsse  
Zur Erzielung  
den, daß sich  
schen Einfluss  
schaften über

lich günstiger liegen und die Kennzeichen für eine ausgesprochen weiche Verbrennung besitzen. Auch die Geräuschkamplituden sind bei diesem Kraftstoff niedriger als bei der seinem Zündverzugs entsprechenden Vergleichsmischung.

Die Kraftstoffe Nr. 128, ein Braunkohlengrenzöl, und Nr. 118, ein Braunkohlendieselöl, ordnen sich sehr gut in die Kurve der Lichtmischungen ein. Die kleinen Verschiedenheiten bei Nr. 118 im Höchstdruck und im Klopfen können als Streuung der Messung bewertet werden.

Dagegen zeigt der Kraftstoff 105, ein nach dem Spaltverfahren gewonnener Kraftstoff, neben einem hohen Zündverzugs auch eine ausgesprochen harte Verbrennung. Der Druckanstiegswert und der Höchstdruck liegen höher als normal, was auch in der Klopfstärke deutlich zum Ausdruck kommt. Eine Erklärung für diese harte Verbrennung kann vielleicht dadurch erhalten werden, daß die Moleküle dieses Kraftstoffes, welche den Spaltvorgang überstanden haben, widerstandsfähiger gegen hohe Temperaturen sind als die Moleküle ungekrackter Öle. Bis zur Reaktion können daher offenbar nur wenig Vorumwandlungen auftreten, so daß fast der ganze eingespritzte Kraftstoff plötzlich zur Reaktion gelangt, was den harten Gang verursacht.

Die zuletzt besprochenen Versuchsergebnisse lassen die Vermutung aufkommen, daß vielleicht durch die Messung der Klopfgeräusche die Möglichkeit gegeben sein könnte, die für die motorische Verbrennung maßgebenden Kenngrößen wie Zündverzugs, Druckanstieg und Höchstdruck durch einen einzigen Test zu erfassen. Um jedoch das Geräusch als unmittelbare Meßgröße verwerten zu können, müssen bestimmte Versuchsvorgänge eingehalten werden. Zur Erzielung eines Vergleiches muß insbesondere vermieden werden, daß sich die durch die Kolbenbewegung verursachten motorischen Einflüsse den chemisch-physikalischen Kraftstoffeigenschaften überlagern(1).

## B. Versuche

In einer weiteren Versuchsreihe wurde jeweils so ein Motor eingestellt wie bereits beschrieben. Die Ergebnisse haben, zeichnerisch dargestellt, die Kurven für einen Dreiviertel-Motor bei verschiedenen Drehzahlverhältnissen.

Wie Abb. 4 zu sehen ist, liegen die Kurven für die verschiedenen Drehzahlverhältnisse mit steigender Drehzahl in der Richtung des Druckanstiegs und des Höchstdrucks nehmen ebenfalls die Werte für die Drehzahlverhältnisse langsamer Drehzahl ab. Die Reibungsverluste nehmen mit steigender Drehzahl ebenfalls ab. Die höchsten Wärmeverluste sind bei den Vergleichsmischungen zu sehen.

Zu den Vergleichsmischungen sind die verschiedenen Drehzahlverhältnisse in der Zahlentafel 1 angegeben. Die Drehzahlverhältnisse 137, 105, sowie 80 sind die aus den Versuchsbedingungen resultierenden. Die Proben 14 und 15 sind die Vergleichsmischungen. Die Drehzahlverhältnisse sind. Das beste Ergebnis ist bei den Proben 14 und 15 zu sehen. Die Drehzahlverhältnisse sind. Das beste Ergebnis ist bei den Proben 14 und 15 zu sehen. Die Drehzahlverhältnisse sind. Das beste Ergebnis ist bei den Proben 14 und 15 zu sehen.

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

B. Versuche am Prüfmotor, Bauart A.W.Schmidt-Slovak

In einer weiteren Versuchsreihe wurde daher der Einspritzpunkt jeweils so eingestellt, daß die Zündung stets im OT erfolgte. Wie bereits früher durchgeführte Zündverzugsversuche gezeigt haben, zeichnen sich Unterschiede im Verbrennungsablauf bei geringerer Drehzahl besser ab, weshalb diese Versuche nun am Slovak-Motor bei einer Drehzahl von 750 U/min und einem Verdichtungsverhältnis von 14:1 durchgeführt wurden.

Wie Abb.4 zeigt, wurden auch hier wieder die mit den Vergleichsmischungen aus Kogasin II und  $\alpha$ -Methylnaphthalin erhaltenen Werte kurvenmäßig verbunden. Es ist zunächst festzustellen, daß mit steigendem Zündverzug, m.a.W. mit sinkender Cetanzahl die Druckanstiegsgeschwindigkeit zunimmt. Höchstdruck und Leistung nehmen ebenfalls mit steigendem Zündverzug zu, wobei sich das langsamere Ansteigen der Leistungskurve aus der Zunahme der Reibungsverluste bei härterem Gang der Maschine und aus dem erhöhten Wärmeübergang an das Kühlwasser erklärt (2).

Au den Vergleichsmischungen wurden außerdem wieder Kraftstoffe verschiedener Herkunft gefahren, und zwar wurden von den in der Zahlentafel I aufgeführten Kraftstoffen die Proben Nr.143, 125, 137, 105, sowie 9, 10 und 11 geprüft. Die Proben 9, 10 und 11 sind die aus der Hochdruckhydrierung stammenden Kraftstoffe. Die Proben 143 und 137 ordnen sich gut in den Kurvenverlauf der Vergleichsmischungen ein, woraus hervorgeht, daß ihre Verbrennungseigenschaften gleich denjenigen der Vergleichsmischungen sind. Das bereits genannte Kracköl zeigt dagegen auch in diesem Motor ungünstige Verbrennungskennwerte, insofern als Druckanstieg, Höchstdruck und Geräuschwert etwas höher liegen, als der Vergleichskurve entsprechen würde. Gleichzeitig ist damit eine Abnahme der Motorleistung verbunden. Die Kennwerte für die Proben 101, 125, 9, 10 und 11 weichen jedoch in günstigem Sinne ab, da sowohl Druckanstieg und Höchstdruck als auch das Geräusch geringer sind als bei den entsprechenden Vergleichsmischungen. Bemerkenswert ist weiter die höhere Motorleistung, die sich bei

Leistung Ne (KW)

Höchstdruck p<sub>max</sub> (bar)

Druckanstieg dp/dt

Geräuschwert K<sub>max</sub> (mm)

Geräusch

ii

A.W.Schm

30-8

POOR COPY

6

POOR COPY

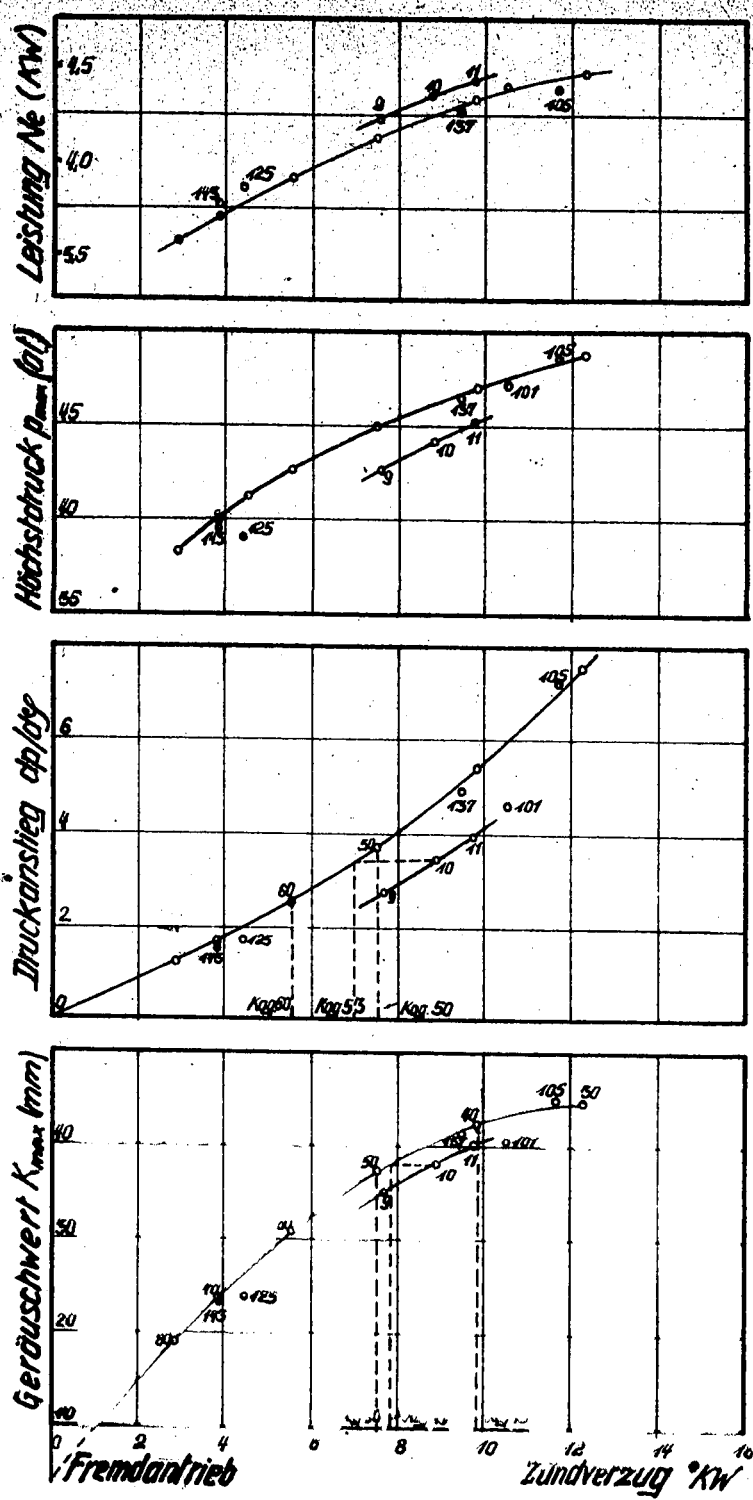


Bild 4  
08246

**Geräuschwert, Druckanstieg, Höchstdruck u. Leistung  
in Abhängigkeit vom Zündverzug**

*A.W. Schmidt-Slovak-Motor, n=750 1/min; ε=16-1, Druckanstieg im OT.  
30-80-Eichmischungen; 9, 10, 11, 101 u.s.w. Kraftstoffe*

Verwendung di  
Die Versuchse  
stellung, daß  
eine geringer  
genden Falle  
Nach einem Vo  
fen, deren Ve  
nicht vollstä  
sich die eine  
bezieht (3).  
Geräuschampli  
daß die hierna  
vorgenannten

Kraftstoff Nr.	Kog zahl dem verz
143	70
125	66
9	49
10	44
11	40
137	42
101	37
105	32

In Zahlentafel  
auch in Kogas  
fes wurde hier  
die Zündverzug  
α-methylnapht

POOR  
COPY 6

POO  
COP

Verwendung dieser Proben ergab.

Die Versuchsergebnisse ermöglichen also die grundsätzliche Feststellung, daß Kraftstoffe, die den gleichen Zündverzug, jedoch eine geringere Verbrennungsgeschwindigkeit aufweisen, im vorliegenden Falle eine höhere Leistung ergaben.

Nach einem Vorschlag von W i l k e könnte man solchen Kraftstoffen, deren Verhalten sich demjenigen der Vergleichsmischungen nicht vollständig anpasst, zwei Cetanzahlen zuteilen, von denen sich die eine auf den Zündverzug, die andere auf den Druckanstieg bezieht (3). Bestimmt man die Cetanzahl der Kraftstoffe nach den Geräuschamplituden, so ergibt sich die interessante Feststellung, daß die hiernach bestimmten Cetanwerte meist zwischen den beiden vorgenannten Cetanwerten liegen.

Zahlentafel II

Kraftstoff Nr.	Kogasin- zahl nach dem Zünd- verzug	Kogasin- zahl nach dem Druck- anstieg	Kogasin- zahl nach der Klopf- amplitude	Cetanzahl nach der Klopf- amplitude
143	70	73	71	64
125	66	70	70	63
9	49	58	53	48
10	44	52	48	43
11	40	48	46	41
137	42	43	42	38
101	37	44	44	40
105	32	31	30	27

In Zahlentafel II wurden die Werte sowohl in Cetanzahlen als auch in Kogasinzahlen angegeben. Die Kogasinzahl des Kraftstoffes wurde hierbei aus der Größe des Zündverzuges, bezogen auf die Zündverzugswerte der Vergleichsmischungen aus Kogasin und  $\alpha$ -ethylnaphthalin bestimmt. Analog läßt sich die Kogasinzahl

nach dem Druck-  
zugsmischung  
Cetanzahl er-  
lichkurve.

### C. Versuche

In diesen Fa-  
ge arbeitend  
kopfschraube  
des Motors a-  
phons war es  
nungsgeräusc  
zu erhalten.  
der Geräusch  
gewählt, als  
war, womit a  
herabgesetzt  
gewicht auf  
dieser Macht  
wurde wieder  
folgte. Wie  
die durch di  
flüsse sowei

Das nachsteh  
serer Versuc  
sinzusätze z  
motors beein  
weil der in  
an Dieselmö  
Erzeugungsmö  
derivate stä  
Da die letzt  
laufenden Fa  
sich die Auf  
eigenschaften  
gen herbeizu

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

nach dem Druckanstieg aus den Druckanstiegswerten dieser Bezugsmischungen ermitteln. Die Umrechnung der Kogaszahl zur Cetanzahl erfolgte nach einer am gleichen Motor aufgestellten Lichtkurve.

### C. Versuche am IG-Prüfdiesel

In diesem Fall wurde mit einem auf piezoelektrischer Grundlage arbeitenden Mikrophon gearbeitet, das an einer Zylinderkopfschraube starr befestigt wurde und somit den Körperschall des Motors aufnehmen konnte. Durch Verwendung dieses Mikrophons war es möglich, eine stärkere Hervorhebung des Verbrennungsgeräusches gegenüber dem normalen Laufgeräusch des Motors zu erhalten. Mit Rücksicht auf eine größere Anschaulichkeit der Geräuschoszillogramme wurde hier der Zeitmaßstab anders gewählt, als es bei den vorhergehenden Versuchsreihen der Fall war, womit allerdings die Genauigkeit der Zündverzugsmessung herabgesetzt wurde. Da jedoch im vorliegenden Falle das Hauptgewicht auf die Ermittlung der Geräusche gelegt wurde, konnte dieser Nachteil in Kauf genommen werden. Der Einspritzpunkt wurde wieder so eingestellt, daß die Zündung stets im Of erfolgte. Wie schon erwähnt, war diese Maßnahme notwendig, um die durch die Kolbenbewegungen verursachten motorischen Einflüsse soweit als möglich auszuschalten.

Das nachstehend besprochene Beispiel zeigt eine Anwendung unserer Versuchsmethode, wobei geprüft werden sollte, wie Kogaszinzusätze zu Steinkohlenteeröl das Laufgeräusch eines Dieselmotors beeinflussen. Dieses Beispiel wurde deshalb gewählt, weil der in der letzten Zeit stark fühlbar gewordene Mangel an Dieselmotorkraftstoffen den Gedanken nahe legte, nach weiteren Erzeugungsmöglichkeiten zu suchen und hierzu die Steinkohlenderivate stärker heranzuziehen, als es bisher der Fall war. Da die letzteren für die unmittelbare Verwendung in den schnelllaufenden Fahrzeug-Dieselmotoren nicht geeignet sind, ergibt sich die Aufgabe, eine Verbesserung ihrer Zünd- und Verbrennungseigenschaften durch Vermischung mit zündfördernden Beimengungen herbeizuführen, wofür besonders der Fischer-Kraftstoff

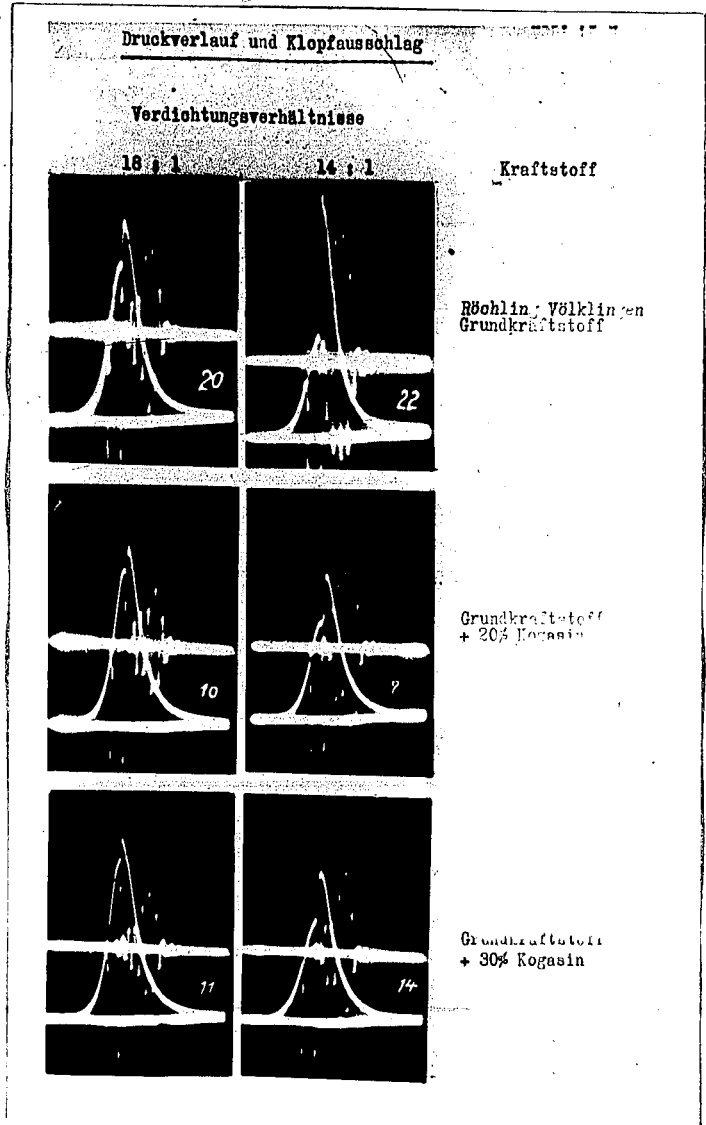
POOR  
COPY

6

POO  
COP

08249

Bild 5 a



Kog. II brau  
 Im vorliegende  
 der Innenab  
 satz zu son  
 hoch liegen  
 bei einer B  
 Cetanzahlen  
 Dieselkraft  
 Jahre gesun  
 Fahrzeug-Bi  
 Kraftstoffe  
 vor etwa zel  
 zahlen von  
 ten her gew  
 bis 40 cetan  
 außerordent.  
 Abb. 5a und  
 die wir sow  
 Kg-Mischunge  
 Verdichtungs  
 In Zahlentaf  
 dargestellt.

Kraftstoff	Verdichtungsverh.
R.V-Kraftstoff	
" " +10% Kog.	
" " +20% "	
" " +30% "	
" " +40% "	
pers. Gasöl	
handelsübl. Gemisch	
Kraftstoff	

POOR COPY 6

POOR COPY



Kog. II brauchbar erscheint.

Im vorliegenden Falle handelt es sich um ein nach dem Verfahren der Innenabsaugung gewonnenes Steinkohlenteeröl, das im Gegensatz zu sonstigen Steinkohlenteerderivaten eine verhältnismäßig hoch liegende ursprüngliche Cetanzahl, nämlich 29, aufweist.

bei einer Beurteilung der mit den Kogasinzusätzen erhaltenen Cetanzahlen ist die Tatsache zu berücksichtigen, daß die an Dieselkraftstoffe gestellten Anforderungen im Laufe der letzten Jahre gesunken sind, weil man erkannt hat, daß unsere heutigen Fahrzeug-Dieselmotoren fast durchweg mit weniger zündwilligen Kraftstoffen nach anstandslos betrieben werden können, als es vor etwa zehn Jahren der Fall war. Während man früher Cetanzahlen von ca. 55 bis 60 forderte, wie man sie von Erdölderivaten her gewohnt war, kommt man heute im Fahrzeugbetrieb mit 35 bis 40 Cetanzahl aus, was sich auf die Erzeugungsmöglichkeiten außerordentlich fördernd ausgewirkt hat.

Abb. 5a und 5 b zeigen verschiedene Druck- und Geräusch-Diagramme, die wir sowohl mit dem reinen Steinkohlenteeröl als auch mit Kg-Mischungen aufgenommen haben. Die Messungen wurden bei zwei Verdichtungsverhältnissen, nämlich 14:1 und 18:1, vorgenommen.

In Zahlentafel III sind die erhaltenen Ergebnisse zahlenmäßig dargestellt.

Zahlentafel III

Kraftstoff	Klopfausschlag mm		Leistung PS	
	14:1	18:1	14:1	18:1
Verdichtungsverh.				
R.V-Kraftstoff	73	51	4,9	3,65
" " +10% Kog.	64	39,5	4,6	3,6
" " +20% "	52	30	4,05	3,5
" " +30% "	48,5	27	3,8	3,4
" " +40% "	39,5	24	3,55	3,3
pers. Gasöl	24	18	3,5	3,25
handelsübl. Gemisch Kraftstoff	25	21	3,3	3,1

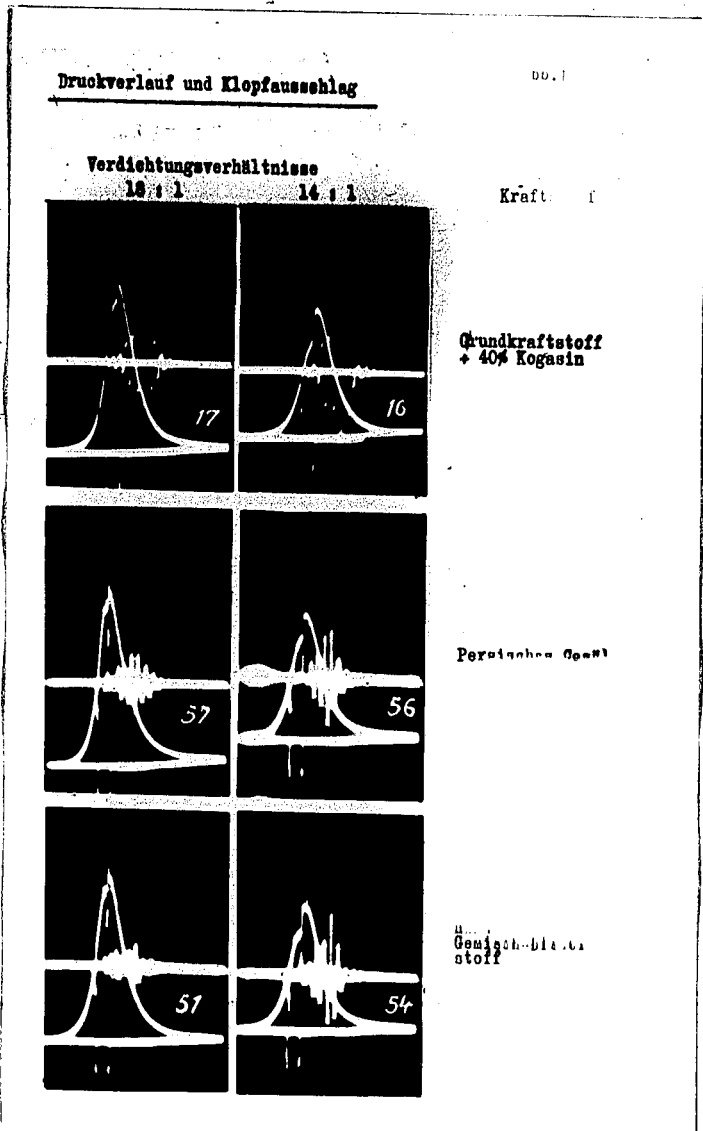
POOR  
COPY

6

POO  
COP

08251

Bild 5 b



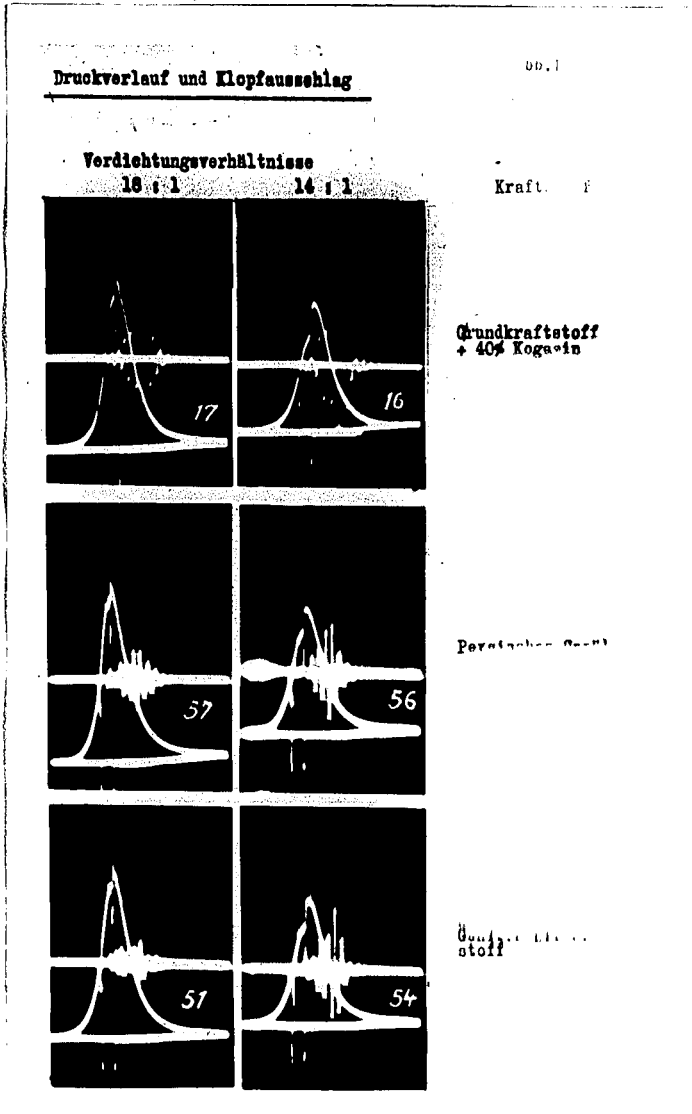
POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

08252

Bild 5 b



Aus der graphisch der Kghaltens, son räsches, und wirkt. Es be Tatsache, da renlauf verb

Für jede is tungsverhält Man darf jed jedem Fall g hältnis anzu dichtungsver feststellen, dem niedriger deutlich bei Die Ursache l schen Wirkung verhältnis v

Um eine Verg zung zu scha oben genannte mischkraftst liegen bezüg untersuchten geben aber g Ergebnis läB mit dem zünd zur Verfügung cher Lauf der dagegen einen üblichen Kra eine genügend ewisse Gerä on, daß dies A-sigen Gren

POOR COPY

6

POOR COPY

Aus der graphischen Darstellung der Abb. 6 ist zu entnehmen, daß sich der Kg-Zusatz nicht nur in einer Verbesserung des Zündverhaltens, sondern auch in einer stärkeren Verminderung des Geräusches, und zwar bei beiden Verdichtungsverhältnissen, auswirkt. Es bestätigt sich demnach wieder die bereits bekannte Tatsache, daß mit kleineren Zündverzügen auch ein weicher Motorlauf verbunden ist.

Für jede Mischung ist das Klopfgeräusch bei dem hohen Verdichtungsverhältnis 18:1 geringer als bei dem niedrigen von 14:1. Man darf jedoch daraus nicht den Schluss ziehen, daß es nun in jedem Fall günstig wäre, ein möglichst hohes Verdichtungsverhältnis anzuwenden. Vergleicht man nämlich die bei beiden Verdichtungsverhältnissen erhaltenen Leistungswerte, so muß man feststellen, daß ein hohes Verdichtungsverhältnis gegenüber dem niedrigen einen Leistungsabfall bedeutet, der besonders deutlich bei den schlechten Kraftstoffen in Erscheinung tritt. Die Ursache hierfür ist vor allem in dem schlechteren mechanischen Wirkungsgrad zu suchen, der mit dem hohen Verdichtungsverhältnis verknüpft ist.

Um eine Vergleichsbasis mit Kraftstoffen anderer Zusammensetzung zu schaffen, haben wir auch diese Versuche mit dem bereits oben genannten Erdölkraftstoff sowie dem handelsüblichen Gemischkraftstoff durchgeführt. Die beiden genannten Kraftstoffe liegen bezüglich ihres Geräuschverhaltens günstiger als die untersuchten Mischungen des R.V.-Kraftstoffes mit Kogasin, ergeben aber gleichzeitig auch die geringste Leistung. Dieses Ergebnis läßt sich mit der bekannten Tatsache vereinbaren, daß mit dem zündwilligsten Kraftstoff, den uns heute die Technik zur Verfügung stellt, nämlich Kogasin II, wohl ein guter, weicher Lauf der Maschine erreicht wird, die erzielbare Leistung dagegen einen geringeren Wert aufweist, als bei Betrieb mit üblichen Kraftstoffen. Wenn man aus einem gegebenen Dieselmotor eine genügende Leistung herausholen will, so muß man oben eine gewisse Geräuschstärke zulassen und hat lediglich dafür zu sorgen, daß dieselbe noch in den für den praktischen Betrieb zulässigen Grenzen bleibt.

Zusammenfassend  
von Dieselmotoren  
nicht in allen Fällen  
gibt, die trotzdem  
brennungseigene  
kann dadurch  
dem Zündverzögerung  
mittelt, der  
Die vorliegenden  
sche Erfassung  
Mittel darstellt  
stoffen zu be  
Bedeutung durch  
ten Endes immer  
weil durch die  
Maschine best  
das Motorgeräusch  
die von einem  
einer Braunsch

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die motorische Bewertung von Dieselkraftstoffen auf der Grundlage der Zündverzugsmessung nicht in allen Fällen ausreicht, sondern daß es Kraftstoffarten gibt, die trotz gleichen Zündverhaltens unterschiedliche Verbrennungseigenschaften aufweisen können. Diesen Verhältnissen kann dadurch Rechnung getragen werden, daß man außer der nach dem Zündverzug bestimmten Getanzahl noch einen zweiten Wert ermittelt, der den Truckanstieg als Vergleichsgrundlage benützt.

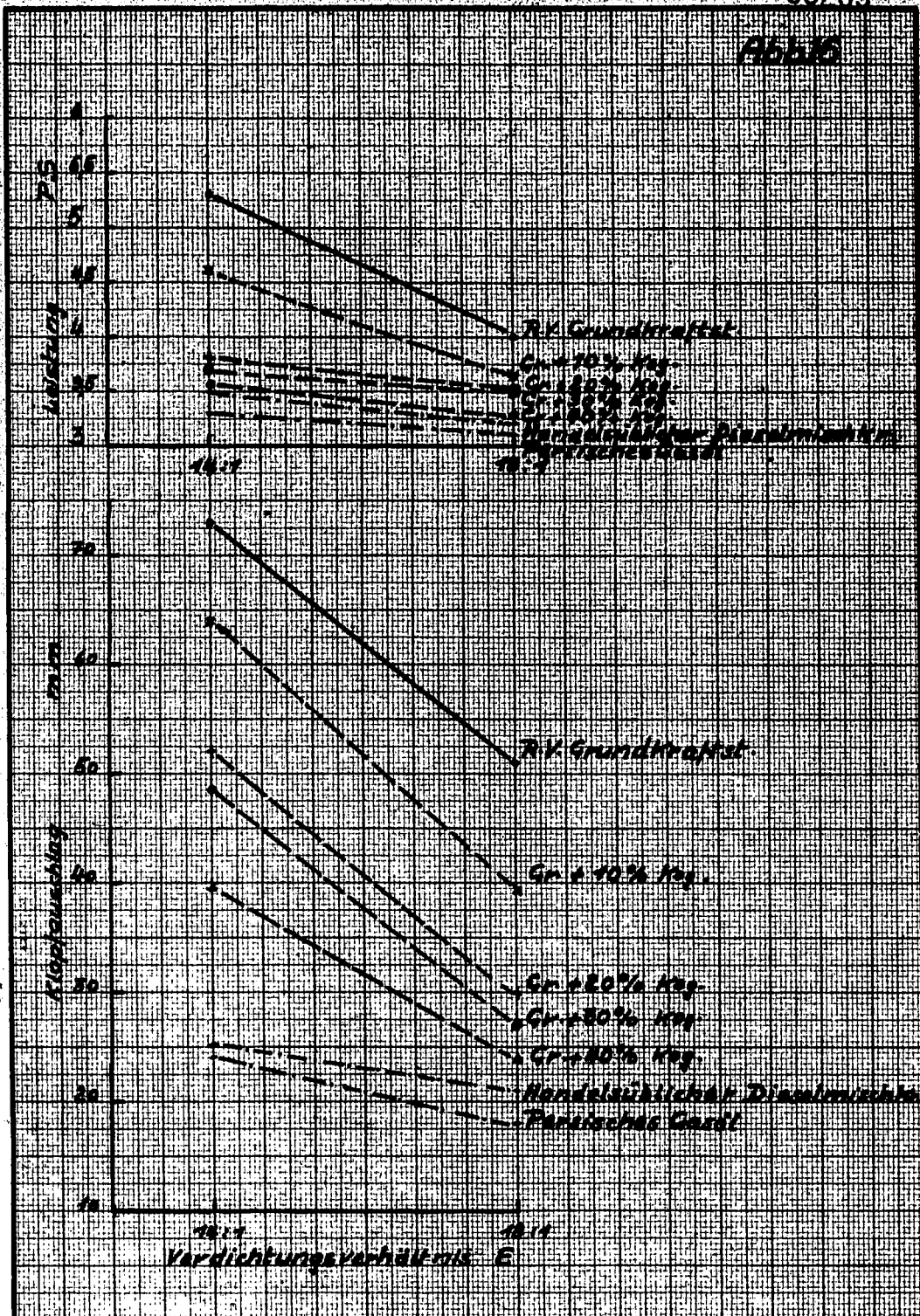
Die vorliegenden Versuche haben gezeigt, daß die elektroakustische Erfassung der Laufgeräusche eines Dieselmotors ein weiteres Mittel darstellt, die Verbrennungseigenschaften von Dieselkraftstoffen zu bewerten. Diese Feststellung erhält ihre besondere Bedeutung durch die Tatsache, daß es im praktischen Betrieb letzten Endes immer auf die Laufeigenschaften des Motors ankommt, weil durch diese die Betriebssicherheit und die Lebensdauer der Maschine bestimmt sind. Die hier erhaltenen Versuchswerte für das Motorgeräusch wurden aus Geräuschoszillogrammen entnommen, die von einem Mikrophon über ein Verstärker- und Siebgerät auf einer Braunschen Röhre aufgezeichnet wurden.



POOR COPY

6

POOR COPY



Freiessen	Klopfausschlag; Leistung zu Zahl-Tafel 3	Zu Nr.
		5.3.41. Datum
TH München Institut f. Chem. Technol.		Dr. Kneule H. Füssel Unterschrift

- 1) Dr. Kneule
- 2) T. B. Schw
- 3) W. Wilke,

POOR COPY 6

POOR COPY

- 1) F. Kneule, Zur Frage der motorischen Bewertung von Kraftstoffen. Habilitationsschrift TH München 1939
- 2) T. B. Schweitzer, Das Klopfen der Dieselmotoren. ATZ 1932 S. 460
- 3) W. Wilke, Untersuchungen über den Verbrennungsablauf von Dieselkraftstoffen. MTZ 1939, Heft 2

Einfluß der  
und

POOR  
COPY

6

08257

- 22 -

Einfluß der Oktanzahl auf Klopfverhalten, Leistung  
und Verbrauch eines Fahrzeugmotors

von Dr. F. Kneule

Die in dem  
gezeigt, d  
vielen Fäl  
erforderli  
des Kraft  
lassen kon  
kommt es  
vorwiegend  
in stark  
dies für  
gezeigt n  
lität ohn  
und das s  
großen Sc  
Diese Tat  
OZ auf di  
zende sys  
klären, w  
messungen  
bisherige  
lich bei  
wir auch

a) Klopfv  
OZ des

Zunächst  
Motor) ni  
tes die  
verschie  
traten. l  
stellung  
4° vor

6

POOR  
COPY



Die in dem Bericht H. Funck besprochenen Fahrversuche haben gezeigt, daß die in Deutschland festgestellte OZ 74 in vielen Fällen des praktischen Betriebes nicht unbedingt erforderlich ist, sondern daß man eine geringere Qualität des Kraftstoffes, was die Klopfestigkeit betrifft, zulassen konnte. Nach unseren bisherigen Feststellungen kommt es grundsätzlich darauf an, ob ein gegebener Wagen vorwiegend in der Ebene und auf leichten Steigungen oder in stark bergigem Gelände gefahren wird. Vor allem gilt dies für Wagen französischer Herkunft, bei denen es sich gezeigt hat, daß man in der Ebene mit der Kraftstoffqualität ohne weiteres bis herunter zur OZ 50 gehen konnte, und daß selbst in leicht bergigem Gelände keine allzu großen Schwierigkeiten zu erwarten sind.

Diese Tatsachen gaben die Veranlassung, den Einfluß der OZ auf die Leistungsfähigkeit eines Motors durch ergänzende systematische Untersuchungen auf dem Prüfstand zu klären, weil auf dem Prüfstand auch exakte Verbrauchsmessungen vorgenommen werden können, die bei unseren bisherigen Straßenversuchen außer Acht blieben. Lediglich bei den Untersuchungen auf dem Rollprüfstand hatten wir auch den Verbrauch ermittelt.

a) Klopfverhalten eines Motors in Abhängigkeit von der OZ des Kraftstoffes bei verschiedenen Zündstellungen

Zunächst wurden an dem Versuchsmotor (1,7 l Mercedes-Motor) mittels unseres elektro-akustischen Klopfmeßgerätes die Geräusche aufgenommen, welche bei Kraftstoffen verschiedener OZ im Bereich von 83 bis 59 herunter auftraten. Die Versuche wurden bei 3 verschiedenen Zündstellungen vorgenommen, nämlich bei Zündung im OT, bei 4° vor OT und 15° vor OT. Letztere Einstellung entsprach

dem Punkt für die wählten Drehzahl OZ 74.

Bild 1, 2 und genannten Zündungen wurden für jede Drehzahl gemacht, um den Klopf zu tragen und zu halten.

In Bild 4 sind die Geräusche graphisch dargestellt, die bei den verwendeten Zündstellungen entstanden.

Das unterste Bild zeigt die Klopfintensität von OZ 71 herab einen

steilen Anstieg der Klopfintensität, der bei OZ 62 als

bei Herabsetzung der OZ auf 59

1 und 2 ein Anzeichen für Klopferscheinungen an den Zylindern 3 und 4

auch die entsprechenden Klopfintensitäten

ist das Klopfgeräusch

deutlich stärker als bei OZ 74

mehr eine deutliche Klopfintensität

diese Feststellung

Der Klopfzustand

stark, daß ein Klopfgeräusch

Schonung des Motors

Das mittlere Bild zeigt die Klopfintensität bei OZ 62

hältnisse bei OZ 62

keine Verlegung der Klopfintensität

daß der Klopfgeräusch

werden konnte,

der sich durch

die entsprechenden Klopfintensitäten

von OZ 62 macht

Zylindern 1 und 2

te auch noch die Klopfintensität

Zylinder 2 - sich

ge hatte, daß v

genommen werden

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

dem Punkt für Höchstleistungsfähigkeit des Motors bei der gewählten Drehzahl von 2000 U/Min und einem Kraftstoff von der OZ 74.

Bild 1, 2 und 3 zeigen die Geräuschaufnahmen, welche bei den genannten Zündstellungen erhalten wurden. Für die Auswertung wurden für jeden Versuch mehrere Aufnahmen hintereinander gemacht, um den Ungleichmäßigkeiten des Klopfvorganges Rechnung zu tragen und einen Mittelwert der Geräuschamplituden zu erhalten.

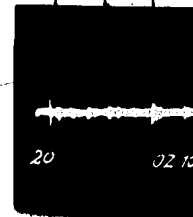
In Bild 4 sind die zu den einzelnen Zylindern gehörigen Geräusche graphisch aufgetragen und zwar in Abhängigkeit von den verwendeten Kraftstoffen unterschiedlicher OZ.

Das unterste Bild ( $15^\circ$  vor OT) zeigt, daß der Motor bis OZ 71 herab einen ruhigen Lauf aufweist. Für diese Zündstellung würde also der Klopfgrenzwert des Motors OZ 71 betragen. Bei Herabsetzung der OZ auf den Wert 68 ist bei den Zylindern 1 und 2 ein Ansteigen des Klopfens bemerkbar, während die Zylinder 3 und 4 sich noch vollständig ruhig verhalten, siehe auch die entsprechenden Aufnahmen des Bildes 1. Bei OZ 65 ist das Klopfgeräusch der Zylinder 1 und 2 bereits außerordentlich stark angewachsen, aber auch Zylinder 3 zeigt nunmehr eine deutliche Klopferscheinung. In gleicher Weise gilt diese Feststellung auch noch für den Kraftstoff von OZ 62. Der Klopfzustand der Zylinder 1 und 2 war aber nun schon so stark, daß eine weitere OZ-Abnahme mit Rücksicht auf die Schonung des Motors nicht mehr ratsam erschien.

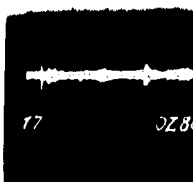
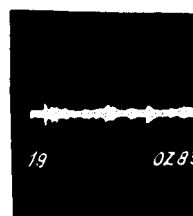
Das mittlere Diagramm des Bildes 4 zeigt die analogen Verhältnisse bei der Zündstellung von  $4^\circ$  vor OT. Diese starke Verlegung des Zündpunktes nach dem OT hin hatte zur Folge, daß der Klopfgrenzwert des Motors bis auf OZ 65 herabgedrückt werden konnte, da bei dieser Kraftstoffgüte noch kein Zylinder sich durch Klopferscheinungen auszeichnete, vergleiche die entsprechende Aufnahme des Bildes 2. Erst bei Verwendung von OZ 62 machten sich deutliche Klopferscheinungen in den Zylindern 1 und 2 bemerkbar. Bei dieser Zündstellung konnte auch noch die OZ 59 untersucht werden, die allerdings in Zylinder 2 - siehe Aufnahme 7 - derartige Klopfstöße zur Folge hatte, daß von einer weiteren Herabsetzung der OZ Abstand genommen werden mußte.

Elchmisch  
Zündung

1 | 3 | 4 | 2



2



POOR  
COPY

6

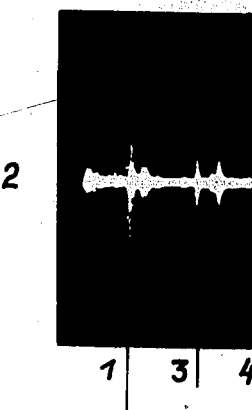
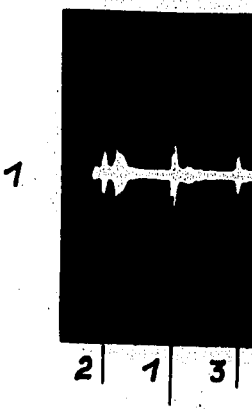
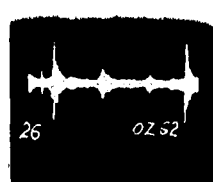
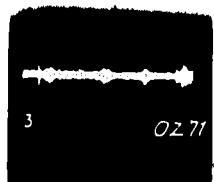
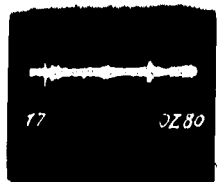
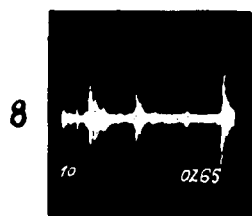
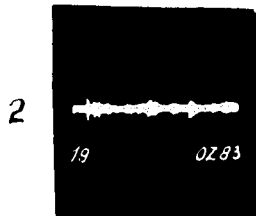
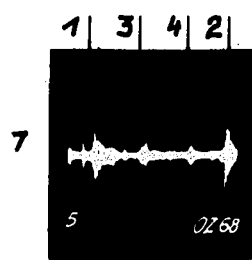
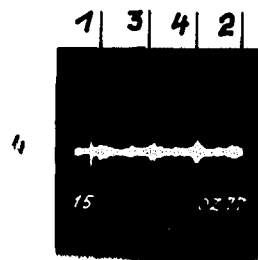
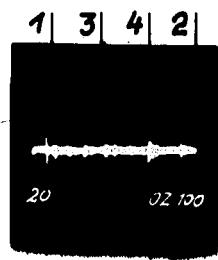
### Klopfaufnahmen

1,7l Mercedes

Eichmischung: JG Eichbenzin + Eichstoff Z

Zündung: 15° vor OT

Bild 1



Zündung <sup>-35</sup> 4° vor OT

08261  
Bild 2

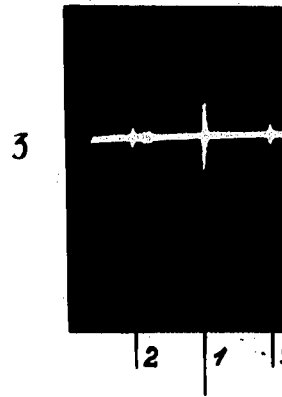
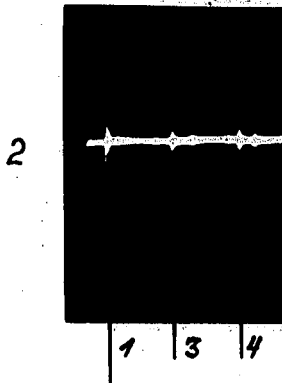
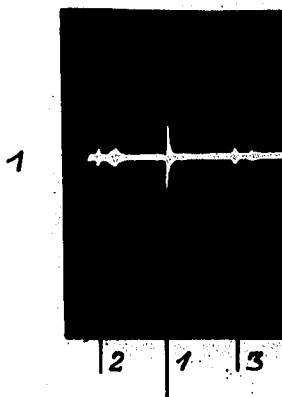
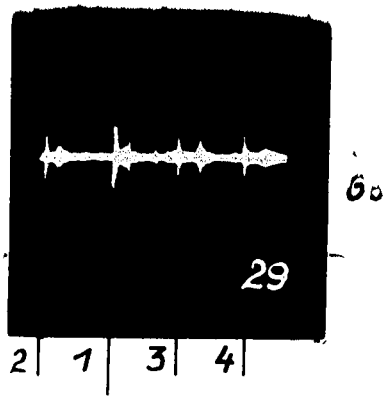
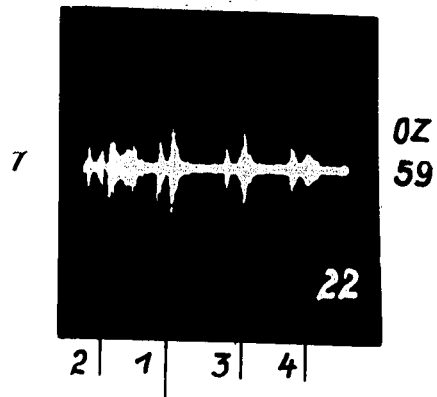
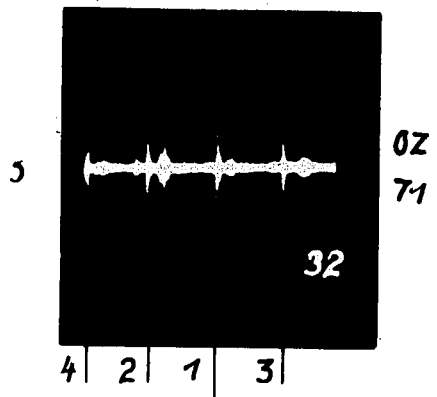
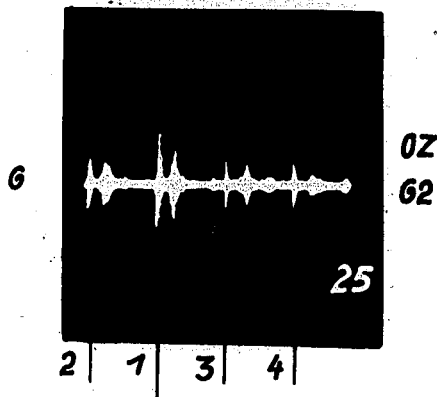
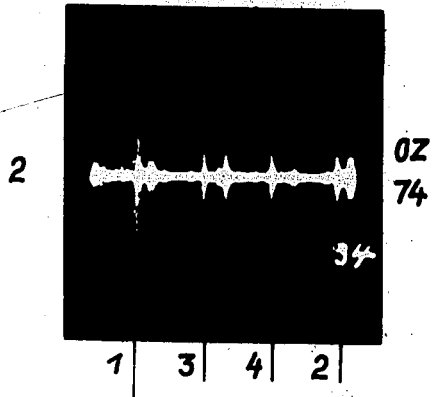
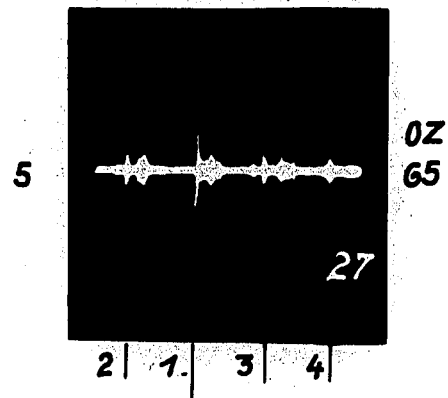
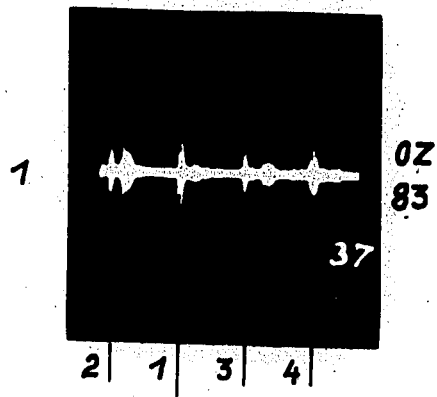
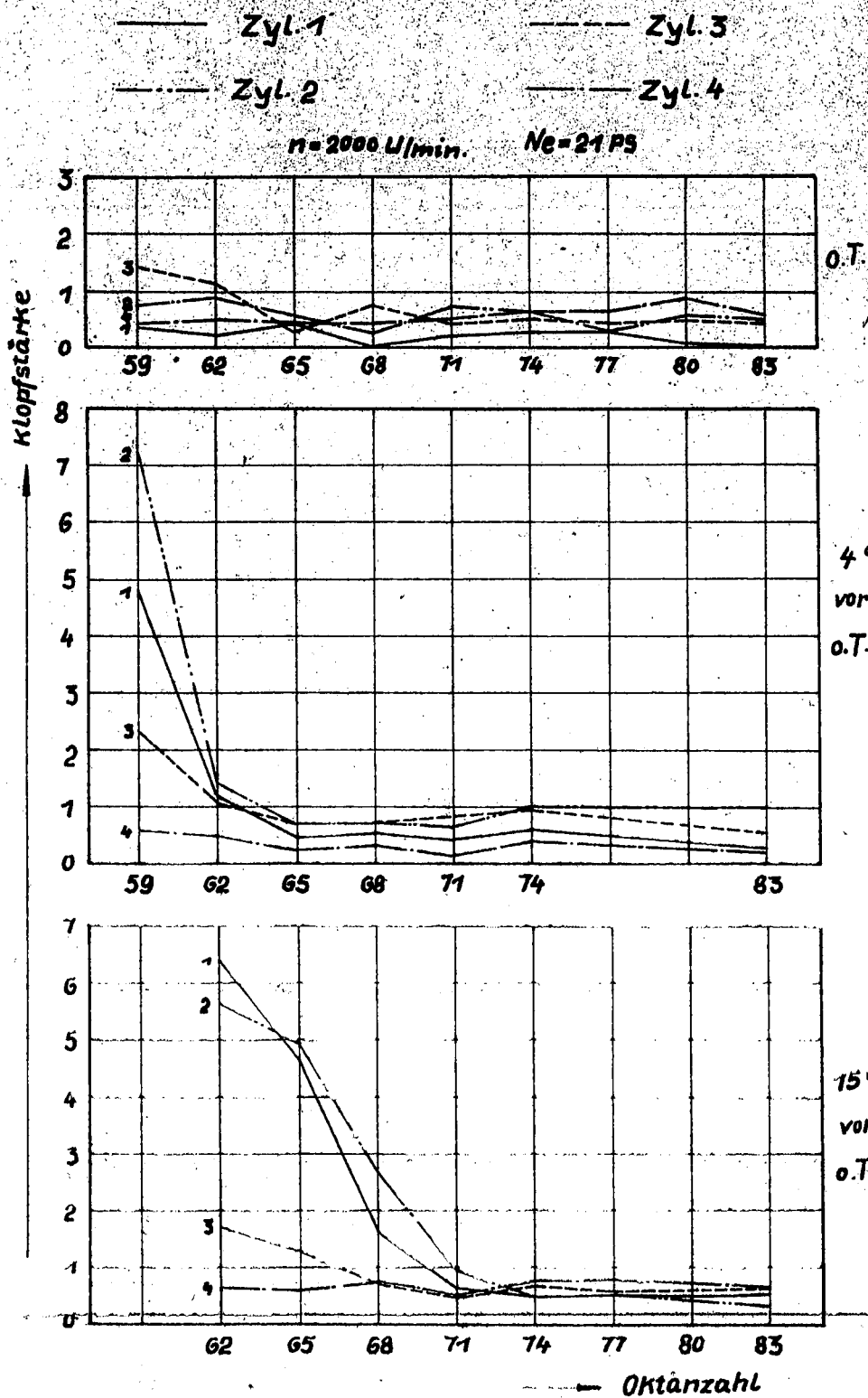


Bild 4 08263  
**Klopfamplitude in Abhängigkeit von der Oktanz.**

Mercedes 1,7 L



Bei der Zündung hervorgerufen. Diese Ursache ist auf die Gemischzusammensetzung zurückzuführen. Bei der Verwendung von Kraftstoff mit einem hohen Zehnerwert (z.B. 85) zeigt sich ein starkes Klopfen in den Zylindern 1 und 2, die die Zündung vorziehen. Diese Ursache ist auf die Gemischzusammensetzung zurückzuführen. Bei der Verwendung von Kraftstoff mit einem hohen Zehnerwert (z.B. 85) zeigt sich ein starkes Klopfen in den Zylindern 1 und 2, die die Zündung vorziehen.

Wie wir schon gesehen haben, ist das Klopfen in den Zylindern 1 und 2 bei Verwendung von Kraftstoff mit einem hohen Zehnerwert (z.B. 85) ein starkes Klopfen. Diese Ursache ist auf die Gemischzusammensetzung zurückzuführen. Bei der Verwendung von Kraftstoff mit einem hohen Zehnerwert (z.B. 85) zeigt sich ein starkes Klopfen in den Zylindern 1 und 2, die die Zündung vorziehen. Diese Ursache ist auf die Gemischzusammensetzung zurückzuführen. Bei der Verwendung von Kraftstoff mit einem hohen Zehnerwert (z.B. 85) zeigt sich ein starkes Klopfen in den Zylindern 1 und 2, die die Zündung vorziehen.

Bei der Zündeneinstellung im OT beginnen die durch das Klopfen hervorgerufenen Stauungen erst bei OZ 59. Interessanterweise zeigt die Aufnahme 8, bei der ein Kraftstoff der OZ 50 benutzt wurde, im Gegensatz zu den sonstigen Beobachtungen starkes Klopfen nur bei Zylinder 3, während die Zylinder 1 und 2, die bisher stets am leichtesten zum Klopfen neigten, einen vollkommen normalen Verbrennungsablauf aufweisen. Diese Erscheinung kann auf die andere Kraftstoffbeschaffenheit zurückgeführt werden. Während alle bisher genannten Kraftstoffe von OZ 83 bis 59 aus IG-Eichbenzin und Eichstoff Z gemischt wurden, war OZ 50 ein einheitlicher Erdölkraftstoff.

Wie wir schon in früheren Berichten betonten, ist es notwendig, dem unterschiedlichen Klopfverhalten der einzelnen Zylinder besonderes Augenmerk zuzuwenden; denn diese Tatsache bedeutet ja letzten Endes, daß bei der Auswahl eines Kraftstoffes hinsichtlich der OZ stets auf denjenigen Zylinder Rücksicht genommen werden muß, der am stärksten zum Klopfen neigt. Im Falle dieses Motors mußte zur Erreichung eines klopfreien Betriebes des empfindlichsten Zylinders 1 bei Zündung von 15° vor OT ein Kraftstoff der OZ 71 verwendet werden. Bei alleiniger Berücksichtigung des Zylinders 4 hätte dagegen ein Kraftstoff der OZ 62 genügt, wie aus dem unteren Diagramm des Bildes 4 zu entnehmen ist. Diese Feststellung ist nicht zuletzt deshalb von Bedeutung, weil wir vermeiden müssen, Kraftstoffe höherer Klopfestigkeit in solchen Motoren zu verarbeiten, für deren Bauart und Betriebsweise ein Kraftstoff niedriger OZ ausreichen sollte. Trotzdem schon früher durch verschiedene Arbeiten des Institutes die Gründe für das unterschiedliche Klopfverhalten der einzelnen Zylinder eines Mehrzylinder-Motors dargelegt wurden, sei doch nachstehend eine nochmalige Zusammenfassung und Ergänzung der neuesten Arbeiten vorgenommen.

Begründung der  
nung der unteren  
Zylinder ist  
zurückzuführen  
ne gemeinsame  
schungsverhalten  
den einzelnen  
Art des Kraftstoffes  
nen noch Unterschiede  
kommen, die durch die  
mittelführung  
teileranlage

Eine experimentelle  
schon von verschiedenen  
der Gemischzusammensetzung  
dabei eine sehr große  
meinsamen Auswirkung  
einzelnen Zylinder  
brennungsprodukt  
auch der an sich  
leitung durch  
Bedenken erregt  
gestört würde  
während der Zündung  
eine Verfälschung  
zweifelloserweise die  
Gasproben aus  
steuertes Gas  
kerze zusammen  
gen, allerdings  
schiefe im Mischungsverhältnis  
dem einer 8-Zylinder  
und 16,0 kg Lu

+) Blackwood, K.

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

Begründung des ungleichmäßigen Klopfverhaltens Die Erscheinung der unterschiedlichen Klopfempfindlichkeit der einzelnen Zylinder ist vor allem auf die Bauart der Saugrohranordnung zurückzuführen, da die Versorgung mehrerer Zylinder durch eine gemeinsame Saugleitung Ungleichmäßigkeiten sowohl im Mischungsverhältnis als auch in der Gemischzusammensetzung in den einzelnen Zylindern mit sich bringt, die sich je nach der Art des Kraftstoffes mehr oder weniger auswirken. Hierzu können noch Unterschiede im Wärmezustand und im Zündzeitpunkt kommen, die durch Wärmestauungen infolge ungünstiger Kühlmittelführung bzw. Herstellungsungenauigkeiten der Zündverteileranlage hervorgerufen werden.

Eine experimentelle Untersuchung dieser Verhältnisse wurde schon von verschiedenen Seiten durchgeführt. Die Ermittlung der Gemischzusammensetzung in den einzelnen Zylindern stellt dabei eine schwierige Aufgabe dar. Proben, die aus der gemeinsamen Auspuffleitung, wenn auch unmittelbar hinter den einzelnen Zylindern, entnommen wurden, waren stets durch Verbrennungsprodukte benachbarter Zylinder verunreinigt. Aber auch der an sich naheliegende Ersatz der gemeinsamen Auspuffleitung durch getrennte Auspuffstutzen für jeden Zylinder muß Bedenken erregen, da einerseits die übliche Wärmeverteilung gestört würde und andererseits infolge Eindringens von Luft während der Zeit, in der der Zylinder keine Abgase ausstößt, eine Verfälschung der Anzeige möglich wäre. Günstiger war zweifellos die von Blackwood, Kaß u. Lewis<sup>+)</sup> gewählte Lösung, Gasproben aus den Zylindern selbst über ein elektrisch gesteuertes Gasentnahmeventil zu entnehmen, das mit der Zündkerze zusammengebaut war. Es wurden hierbei im fahrenden Wagen, allerdings während des Beschleunigungsvorganges, Unterschiede im Mischungsverhältnis zwischen den einzelnen Zylindern einer 8-Zylindermaschine gefunden, die sich zwischen 11,6 und 16,0 kg Luft auf 1 kg Kraftstoff bewegten.

<sup>+) Blackwood, Kaß u. Lewis, S. AE-J. Bd. 44(1939) S.125</sup>

Ein neuer  
A.W. Schmid  
saugten Kr  
fasste und  
te. <sup>++)</sup> Der  
nen 4-Zyli  
fremd ange  
saugte Kra  
Die Kondens  
Absorption  
aufgeführt  
gemäßige  
linder tät  
war. Da au  
füllungsgr  
Unterschie  
in erster  
beeinflußt  
rigen Kraft  
zwischen d  
daß insbes  
motor die  
diesen Unt  
bereits be  
Gemischen  
zylindern  
Mehrzylind  
wie es z.B  
dies darau  
ein zu rei  
gesetzt, d  
im Verdich  
Eine Anrei  
Leistung a

<sup>++) A.W. Schmid</sup>

POOR  
COPY

6

Ein neuer Weg zur Ermittlung der Gemischverteilung wurde von A.W. Schmidt beschrieben, der die von jedem Zylinder angesaugten Kraftstoffmengen in einer Kondensationsanlage erfasste, und somit der unmittelbaren Messung zugänglich machte. ++) Der zu untersuchende Motor - es handelt sich um einen 4-Zylindermotor - wurde bei ausgeschalteter Zündung fremd angetrieben, so daß der in Dampf- und Nebelform angesaugte Kraftstoff den Motor unverändert verlassen konnte. Die Kondensation erfolgte durch Kühlung und anschließende Absorption an Aktivkohle. Die in der Zahlentafel zu Abb. 6 aufgeführten Ergebnisse zeigen, daß in diesem Fall die mengenmäßige Verteilung des Kraftstoffes auf die einzelnen Zylinder tatsächlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen war. Da auf Grund von zusätzlichen Luftmessungen die Luftfüllungsgrade der einzelnen Zylinder keine wesentlichen Unterschiede aufwiesen, wurden die Mischungsverhältnisse in erster Linie durch die unterschiedliche Kraftstoffzufuhr beeinflußt. Ein Vergleich dieser Meßergebnisse mit zugehörigen Kraftstoffmessungen ergab eindeutige Zusammenhänge zwischen den eingangs genannten Einflußgrößen und zeigte, daß insbesondere der Gemischverteilung in einem Mehrzylindermotor die größte Aufmerksamkeit zugewendet werden muß. Aus diesen Untersuchungen konnte u.a. die vom Einzylindermotor bereits bekannte Feststellung über das Klopfverhalten von Gemischen mit verschiedener Luftüberschusszahl auf den Mehrzylindermotor übertragen werden. Wenn ein Zylinder eines Mehrzylindermotors schwer zum Klopfen gebracht werden kann, wie es z.B. in Bild 4 bei Zylinder 4 der Fall ist, so ist dies darauf zurückzuführen, daß solche Zylinder entweder ein zu reiches oder ein zu armes Gemisch erhalten, vorausgesetzt, daß keine wesentlichen Unterschiede in der Zündung, im Verdichtungsverhältnis und in der Kühlung vorhanden sind. Eine Anreicherung des Gemisches wird sich weniger in der Leistung als auch vielmehr im Verbrauch ungünstig auswirken.

++) A.W. Schmidt, ATZ. 1924. S. 26

Dagegen ist in weniger gut und ten Arbeiten ni der normalen Gem ten Arbeit zwis unterschiedliche der auf die Kur angenehme Schwi U. hervorgerufen vermeiden, wird reichere Gemisch etwas mehr Kraft der den Nachteil Gemisch erhalten nicht merklich e stigen Verbrauch Bei den in Bild zunächst außer A reihe sollte dah wie sich die Kra

b) Leistung und

Zu diesem Zweck tor die Vergaser Die Versuche wur mit einem Benzol Grundbenzin, ein Bild 5 zeigt die bzw. Bo ergaben.

Bekanntlich wird daß sich dasjenig den Punkten für Auf Grund dieser mischungen die Ve



Dagegen ist in den zu arm belieferten Zylindern die Verbrennung weniger gut und nicht genügend rasch, so daß auch die gelieferten Arbeiten nicht so hoch sind wie etwa in den Zylindern mit der normalen Gemischversorgung. Die Ungleichheit in der erzeugten Arbeit zwischen den einzelnen Zylindern ergibt auch einen unterschiedlichen Verbrennungsdruck, wodurch das Gleichgewicht der auf die Kurbelwelle wirkenden Kräfte gestört werden, und unangenehme Schwingungen sowie ungleichmäßiger Gang des Motors u. U. hervorgerufen werden können. Um nun derartige Störungen zu vermeiden, wird man die Vergasereinstellung so wählen, daß eine reichere Gemischversorgung entsteht, um auch dem "armen" Zylinder etwas mehr Kraftstoff zuzuführen. Dieses Verfahren hat aber leider den Nachteil, daß die anderen Zylinder dann ein zu reiches Gemisch erhalten. Die Leistung des Motors wird sich dadurch zwar nicht merklich erhöhen; dagegen wird man die Wirkung am ungünstigen Verbrauch spüren.

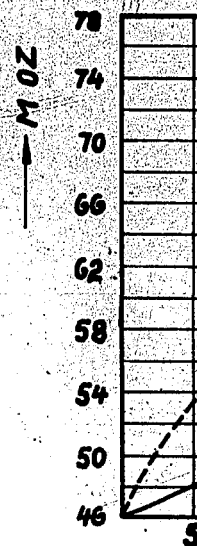
Bei den in Bild 1 bis 4 beschriebenen Versuchen war der Verbrauch zunächst außer Acht gelassen worden. In einer zweiten Versuchsreihe sollte daher besonderes Augenmerk darauf gerichtet werden, wie sich die Kraftstoffgüte auf den Verbrauch auswirkt.

b) Leistung und Verbrauch des Motors in Abhängigkeit von der OZ

Zu diesem Zweck wurde zunächst geprüft, ob an dem geprüften Motor die Vergasereinstellung den üblichen Erfordernissen entsprach. Die Versuche wurden sowohl mit einem verbleiten Benzin als auch mit einem Benzol-Benzin-Gemisch vorgenommen, wobei das gleiche Grundbenzin, ein Erdölderivat von der OZ 50, benutzt wurde.

Bild 5 zeigt die OZ, die sich bei verschiedenen Zusätzen von Blei bzw. Bo ergaben.

Bekanntlich wird die Vergasereinstellung am besten so gewählt, daß sich dasjenige Mischungsverhältnis ergibt, welches zwischen den Punkten für höchste Leistung und günstigsten Verbrauch liegt. Auf Grund dieser Voruntersuchungen wurde für sämtliche Kraftstoffmischungen die Vergaserdüse 112,5 gewählt.



Ermü  
Die Zün  
dass di

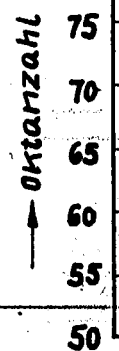


Bild 5

08268

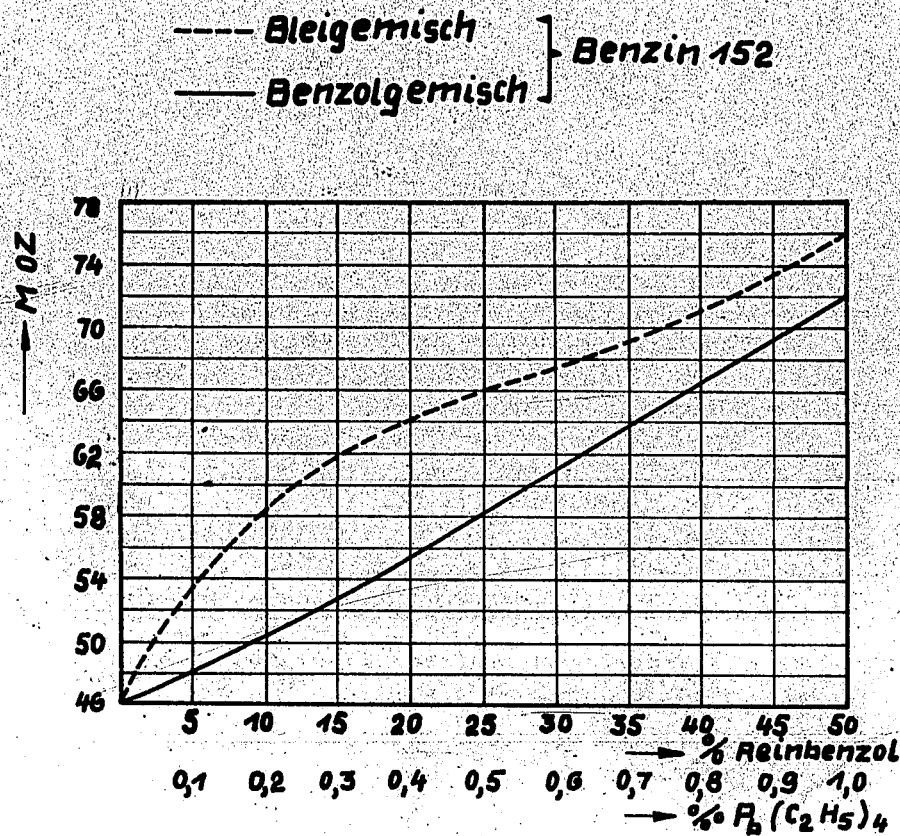
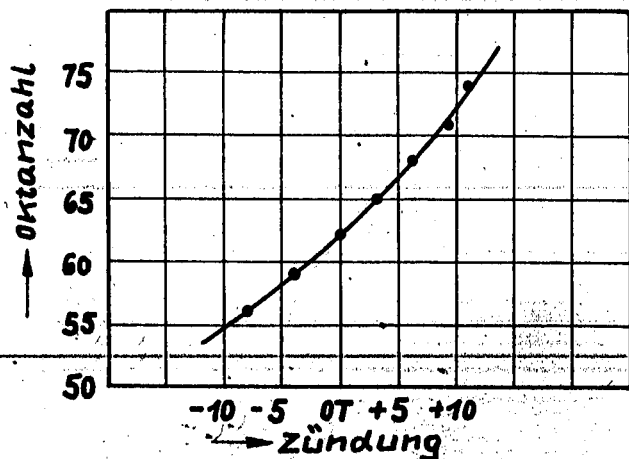


Bild 7

**Ermittlung der Klopfempfindlichkeit.**

Die Zündung wurde jeweils so eingestellt, dass die Klopfgrenze erreicht wurde.



Da es sich zeigt hat, klopfempfindlichen, Drehzahlen, Drehzahl öffnet, als Drehzahl en ten.

In Bild 6 s wir mit den an dem 1,7- jeweils so e grenze befari bildes auf d

Grundsätzlich mischen im G eine etwas g ist an sich der Benzol-K ein höherer gemische geg Mercedesmoto

Da im Gebiet überhaupt ke nach die bei im untersuch trachtet wer

Auf Grund de Beachtung, d 68 sowohl hi nicht wesent stellung dafi vermieden we Leistungsabn sie praktisch steigerung be

Da es sich bei unseren früheren Untersuchungen bereits gezeigt hat, daß der Mercedes in unteren Drehzahlbereich sehr klopfempfindlich ist, wurden die Versuche nicht bei der normalen Drehzahl von 3000 U/Min durchgeführt, sondern bei einer Drehzahl von 2000 U/Min. Die Drossel wurde soweit geöffnet, als es der normalen Belastung des Motors bei dieser Drehzahl entsprach, und bei allen Versuchen konstant gehalten.

In Bild 6 sind die Versuchswerte graphisch aufgetragen, die wir mit den genannten Kraftstoffmischungen verschiedener OZ an dem 1,7-l Mercedesmotor erhalten haben. Die Zündung wurde jeweils so eingestellt, daß sich der Kraftstoff an der Klopfgrenze befand, welche durch Beobachten des Klopfgeräuschbildes auf der Braunschen Röhre kontrolliert wurde.

Grundsätzlich ist festzustellen, daß sich mit den Benzolgemischen im Gebiet der höheren OZ bei gleicher Vergaserdüse eine etwas größere Leistung erzielen ließ. Diese Tatsache ist an sich bekannt und durch den höheren Gemischheizwert der Benzol-Kraftstoffe begründet. Zugleich ergibt sich aber ein höherer Verbrauch, so daß von einem Vorteil der Benzolgemische gegenüber den Bleigemischen in dem untersuchten Mercedesmotor nicht gesprochen werden kann.

Da im Gebiet der niederen OZ von etwa 62 bis herunter zu 56 überhaupt keine Unterschiede festzustellen sind, können demnach die beiden Kraftstoffarten hinsichtlich ihres Verhaltens im untersuchten Mercedesmotor als praktisch gleichwertig betrachtet werden.

Auf Grund des Kurvenverlaufs verdient die Tatsache besondere Beachtung, daß sich eine Herabsetzung der OZ von 74 bis auf 68 sowohl hinsichtlich der Leistung als auch des Verbrauchs nicht wesentlich auswirkt. Es muß lediglich durch Zündverstellung dafür Sorge getragen werden, daß Klopferscheinungen vermieden werden. Selbst bei Verwendung der OZ 65 ist die Leistungsabnahme bzw. die Verbrauchssteigerung so gering, daß sie praktisch kaum ins Gewicht fällt; denn die Verbrauchssteigerung beträgt für Bleibenzin nur rd. 3%, bei den Benzol-

Me:

n = 20

Konst

o = B

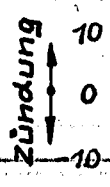
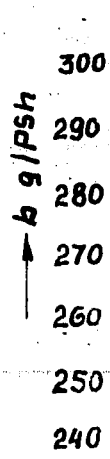


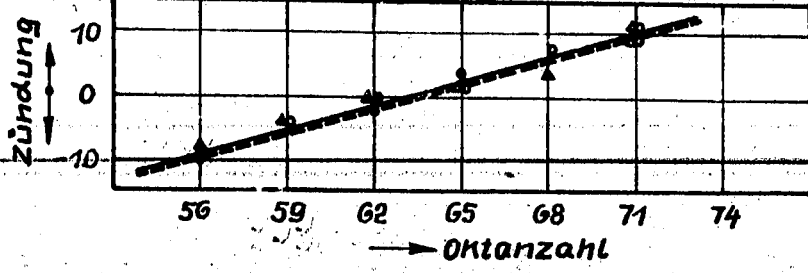
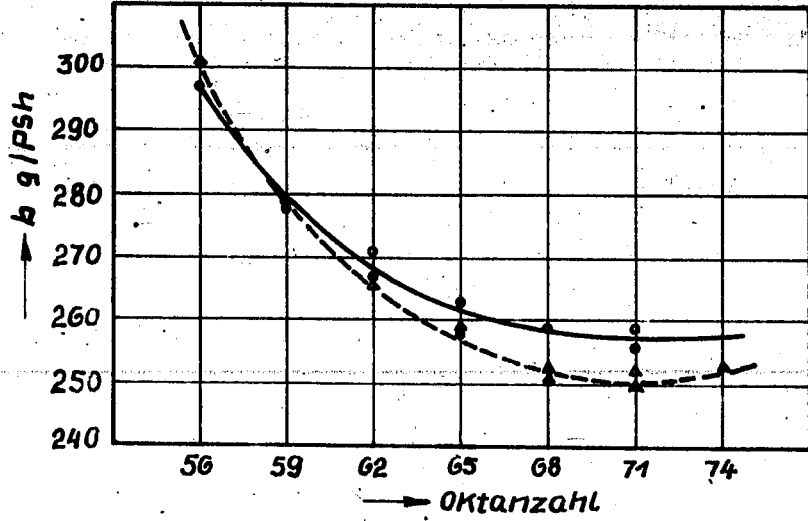
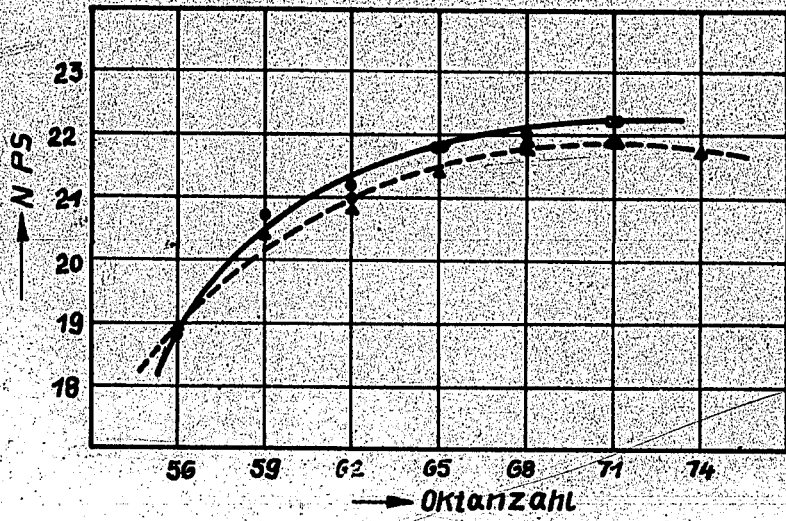
Bild 6

# Messungen am Mercedes.

08270

$n = 2000 \text{ U/min}$ . Vergaserdüse 112,5  
Konst. Drosselöffnung für volle Belast.

○ = Benzolmisch. ▲ = Bleimisch.



mischungen s  
von 65 abwär  
ein mit eine  
Einfluß des  
zeigt, wie w  
bei Verwendu  
ten wollte.  
zeitpunktes  
der Leistung  
richtige Verh  
der verschie  
licher OZ Re  
gefähr gleich  
grades soll  
reicht werde  
die Zündung  
genügend Zei  
gung steht.  
OZ muß diese  
rückname de  
Wenn die Zün  
im OT oder s  
Verbrauchsst  
merkbar.  
Motorempfind  
oft recht un  
ansprechen.  
niger gefühl  
che mangels  
waren. In de  
punkt und de  
Bild 7 - bes  
gleichsmaßst  
Vorstellung  
empfindlich

mischungen sogar nur 2%. Erst bei weiterer Herabsetzung der OZ von 65 abwärts läßt sich eine fühlbare Leistungsabnahme im Verein mit einer Verbrauchssteigerung feststellen.

Einfluß des Zündzeitpunktes Das untere Diagramm des Bildes 7 zeigt, wie weit man die Zündung zurückstellen mußte, wenn man bei Verwendung niedriger OZ die Klopfgrenze nicht überschreiten wollte. Es ist bemerkenswert, daß eine Verlegung des Zündzeitpunktes von  $10^\circ$  vor OT bis etwa  $2^\circ$  vor OT sich hinsichtlich der Leistung und des Verbrauchs nicht wesentlich auswirkt. Durch richtige Wahl des Zündzeitpunktes ist man nämlich in der Lage, der verschiedenen Reaktionsneigung von Kraftstoffen unterschiedlicher OZ Rechnung zu tragen, so daß der Verbrennungsablauf ungefähr gleich bleibt. Zur Erreichung eines günstigen Wirkungsgrades soll der Verbrennungshöchstdruck in der Nähe des OT erreicht werden. Bei den Kraftstoffen von höherer OZ muß hierzu die Zündung früher erfolgen, damit dem reaktionsträgen Stoff genügend Zeit für die rechtzeitige Druckentwicklung zur Verfügung steht. Bei den reaktionsfreudigen Kraftstoffen niedrigerer OZ muß diese Zeitspanne dagegen verkürzt werden, was durch Zurücknahme der Zündung geschieht.

Wenn die Zündung soweit zurückgenommen werden muß, daß sie erst im OT oder sogar nach dem OT erfolgt, macht sich eine stärkere Verbrauchssteigerung, verbunden mit einer Leistungsabnahme, bemerkbar.

Motorempfindlichkeit Es ist bekannt, daß verschiedene Motoren oft recht unterschiedlich auf verschiedene Kraftstoffqualitäten ansprechen. Diese Tatsache ist aber bis jetzt nur mehr oder weniger gefühlsmäßig festgestellt worden, weil objektive Vergleiche mangels geeigneter Meßmethoden bisher noch nicht möglich waren. In der gegenseitigen Beziehung zwischen dem Zündzeitpunkt und der für die Klopfgrenze erforderlichen OZ - siehe Bild 7 - besteht nun die Möglichkeit, einen einwandfreien Vergleichsmaßstab einzuführen, und zwar könnte man die einer Zündverstellung von  $10^\circ$  entsprechende Änderung der OZ als "Motorempfindlichkeit" bezeichnen. Im vorliegenden Falle würde die

Motorempf  
hierbei s  
diese Ang  
Vergleich  
würden, w  
bezogen w

Zusammenf  
nem 4-Zyl  
durchgefü  
gaben, da  
lich der  
brauchsme  
OZ ergabe  
der OZ nu  
stellt wi

POOR  
COPY

6

Motorempfindlichkeit 10 OZ betragen. Selbstverständlich muß hierbei stets hinzugefügt werden, auf welchen Kraftstoff sich diese Angabe bezieht. Es wäre zweckmäßig, wenn für derartige Vergleiche auch einheitliche Mischungen zur Verfügung stehen würden, welche in genügender Menge und zu tragbaren Preisen bezogen werden könnten.

Zusammenfassung Es wurde über Versuche berichtet, die an einem 4-Zylinder-Fahrzeugmotor mit Kraftstoffen verschiedener OZ durchgeführt wurden. Untersuchungen über das Klopfverhalten ergaben, daß die einzelnen Zylinder starke Unterschiede hinsichtlich der Klopfempfindlichkeit aufweisen. Leistungs- und Verbrauchsmessungen mit Blei- und Benzolmischungen verschiedener OZ ergaben, daß im Bereich von OZ 74 bis 65 herab der Einfluß der OZ nur gering ist, wenn die Zündung entsprechend eingestellt wird.

Nr.	Kraftstoff
1	OZ 56
2	OZ 59
3	OZ 62
4	OZ 65
5	OZ 68
6	OZ 68
7	OZ 71
8	OZ 71
9	OZ 74

10	OZ 56
11	OZ 59
12	OZ 62
15	OZ 62
16	OZ 65
17	OZ 65
18	OZ 68
19	OZ 71
20	OZ 71

08273

- 32 -

Zahlentafel zu Abb.6

Nr.	Kraftstoff	Zeiger	Zündung	Leistung		Verbrauch gr/PSW
			<sup>o</sup> KW	PS		
1	OZ 56	46	8 <sup>o</sup> n.OT	18,9	301	Bleigemische
2	OZ 59	48	4 <sup>o</sup> n.OT	20,4	279	
3	OZ 62	50	OT	20,8	266	
4	OZ 65	51	1,5 <sup>o</sup> v.OT	21,4	259	
5	OZ 68	54	7,5 <sup>o</sup> v.OT	21,9	253	
6	OZ 68	52	3,5 <sup>o</sup> v.OT	21,8	251	
7	OZ 71	55	9 <sup>o</sup> v.OT	21,9	252	
8	OZ 71	56	11 <sup>o</sup> v.OT	21,9	250	
9	OZ 74	56	11 <sup>o</sup> v.OT	21,7	253	
10	OZ 56	45	10 <sup>o</sup> n.OT	18,8	297	Benzolgemische
11	OZ 59	48	4 <sup>o</sup> n.OT	20,7	278	
12	OZ 62	49	2 <sup>o</sup> n.OT	21,0	271	
15	OZ 62	50	OT	21,2	267	
16	OZ 65	51	1,5 <sup>o</sup> v.OT	21,8	263	
17	OZ 65	52	3,5 <sup>o</sup> v.OT	21,8	258	
18	OZ 68	54	7,5 <sup>o</sup> v.OT	22,0	259	
19	OZ 71	56	11 <sup>o</sup> v.OT	22,2	259	
20	OZ 71	55	9 <sup>o</sup> v.OT	22,2	256	

6

08274

- 40 -

Untersuchung von Verbrennungsgeräuschen  
in Verbindung mit der  
Prüfung von Dieselkraftstoffen

Dr.-Ing. Paul Funck

Inhaltsverzeichnis

1. Zweck
2. Grundla
3. Aufbau
4. Durchfu  
suchung  
versch
5. Auswer  
Motoris
6. Zusamm
7. Literat



### Inhaltsverzeichnis

1. Zweck der Versuche
2. Grundlagen der Dieselölprüfung
3. Aufbau der Versuchsapparatur
4. Durchführung der Versuche - Über Vorversuche - Untersuchungen über den Geräuscheintrittspunkt - Versuche mit verschiedenen Ölen
5. Auswertung der Ergebnisse - Bewertung der Kraftstoffe - Motorische Erkenntnisse
6. Zusammenfassung und Ausblick
7. Literaturangaben

Zweck der

Die vorli  
 tut f. Che  
 beiten üb  
 bei neben  
 gen beson  
 räusches

Die Anreg  
 Einmal wu  
 mit der V  
 bauenden  
 für Persc  
 lichkeit  
 derungen  
 llerbaren  
 Dieselöle  
 wissen Ü  
 teile ven  
 Laufeigen  
 wie man ö  
 und welch  
 Kraftstof

Die zweit  
 zur Unter  
 Institut  
 troakusti  
 he, diese  
 Verbrennu  
 Verbrennu  
 bezeichne  
 die Laufe

klingendes Klopfen zeigt eine erhöhte Beanspruchung des Motors.

Die normale Bewertung eines Dieselöles nach der Cetanzahl gibt eine gute Einordnung des Kraftstoffes hinsichtlich seiner Zündwilligkeit, jedoch legt sie damit nicht in jedem Falle seine motorischen Eigenschaften fest. Mit den im folgenden beschriebenen Versuchen sollte untersucht werden, ob durch die Anwendung der elektroakustischen Klopfmeßmethode eine Ergänzung der Dieselkraftstoffprüfung möglich wäre.

Neben diesen grundsätzlichen Untersuchungen sollten einige typische Vertreter der neueren Kraftstoffe geprüft werden. Die infolge der erweiterten Grundlage der Deckung des Kraftstoffbedarfes anfallenden Dieselöle weisen je nach ihrer Herkunft recht unterschiedliche Laufeigenschaften auf. Dieselben sollten mit Hilfe der neuen Methode untersucht werden.

#### Grundlagen der Dieselölprüfung

Für die Untersuchung von Dieselölen auf ihre Verwendbarkeit im Motor sind die verschiedensten Prüfmethode entwickelt worden. Unter ihnen haben sich die Methoden, welche auf der Bestimmung des Zündverzuges gründen, in den letzten Jahren in Deutschland wie auch in Amerika am weitesten durchgesetzt. (1,2,3,4) Hierbei handelt es sich mit wenigen Ausnahmen fast ausschließlich um die motorische Zündverzugsbestimmung.

Der Zündverzug, welcher eines der wichtigsten Merkmale eines Dieselöles ist, ist definiert als die Zeit, welche zwischen dem Beginn der Kraftstoffeinspritzung und dem ersten motorisch wirksamen Zünden des Kraftstoff-Luftgemisches verstreicht und wird in Grad-Kurbelwinkel ( $^{\circ}$ KW) oder absolut in Sekunden angegeben.

Die verschiedenen Prüfverfahren, welche den Zündverzug als Grundlage haben, ordnen dem zu prüfenden Kraftstoff das Gemisch aus Cetan und  $\alpha$ -Methylnaphthalin zu, welches unter gleichen motorischen Bedingungen den gleichen Zündverzug hat.

Aus der Men  
sich die Ce

Die heute v  
sich nach z

1.) Prüfung  
des Zün

2.) Prüfen  
dichtun

Beide Arten  
fern überei

leicht den  
sie meßtech

Eine dritte  
suchungen z

Be Bedeutun  
als Funktio

schließt na  
fung ein. I

thode gewäh  
Kraftstoff

tige Auswer

Neben der l  
gen auf die

einem Vorse  
stischen KI

und seine l  
te es sich

hang mit de  
heit des Dr

Aus dem Ver  
mit den Ce

zwischen de  
durch Verg

(7).

Aus der Menge Cetan in %, welche in dem Gemisch ist, ergibt sich die Cetanzahl (CaZ).

Die heute verwendeten Zündverzugs-Prüfverfahren unterscheiden sich nach zwei Gruppen:

- 1.) Prüfung bei konstantem Verdichtungsverhältnis und Messen des Zündverzuges
- 2.) Prüfen bei konstantem Zündverzug und Vergleichen des Verdichtungsverhältnisses.

Beide Arten der Prüfung sind vollkommen gleichwertig und liefern übereinstimmende Ergebnisse. (5) Die erste Art kommt vielleicht den Verhältnissen im Gebrauchsmotor näher, jedoch ist sie meßtechnisch etwas schwerer zu beherrschen.

Eine dritte Art der Prüfung, welche für die laufenden Untersuchungen zu umständlich ist, aber für die Forschung eine große Bedeutung besitzt, ist die Untersuchung des Zündverzuges als Funktion der Verdichtung. (5) Eine solche Bestimmung schließt naturgemäß die beiden erstgenannten Arten der Prüfung ein. Für die vorliegenden Versuche wurde diese Prüfmethode gewählt, da sie über die Beeinflussungen, denen der Kraftstoff unterliegt, ein gutes Bild gibt und eine vielseitige Auswertung der Ergebnisse gestattet.

Neben der Prüfung des Zündverhaltens wurden die Untersuchungen auf die Laufeigenschaften der Kraftstoffe ausgedehnt. Nach einem Vorschlag von A.W. Schmidt wurde mittels der elektroakustischen Klopfmeßmethode das Verbrennungsgeräusch aufgenommen und seine Lautstärke gemessen. In früheren Untersuchungen hatte es sich gezeigt, daß dieses Verbrennungsgeräusch in Zusammenhang mit der Verbrennungsgeschwindigkeit und damit der Steilheit des Druckanstieges steht. (6)

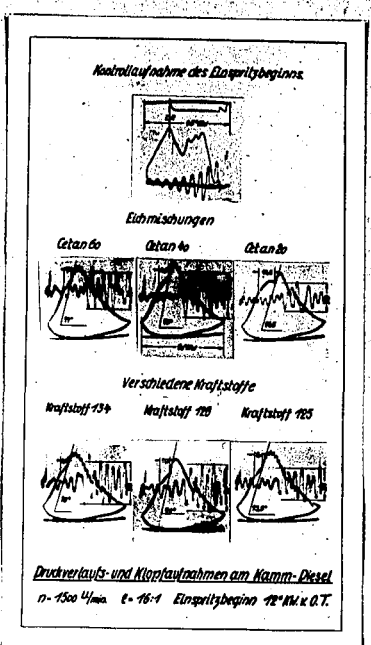
Aus dem Vergleich der Geräuschamplituden des zu prüfenden Öles mit den Cetanmischungen ergab sich eine Cetanzahl, welche meist zwischen dem wirklichen Cetanwert und einem Cetanwert, welcher durch Vergleichen des Druckanstieges ermittelt worden war, lag. (7)

Indikatordia-  
stoffen. (A.S)

Infolge des  
möglich gewo-  
che die Laut-  
de des Geräu-  
einem Zeiger  
telwert bild-  
dem der Vers-

Die vorliegen-  
der Prüfmeth-  
ten nicht all-  
eigenschaften  
ten die Appa-  
welche es ern-  
bestimmen und  
vergleichend

Bild 1



Indikatordiagramme und Geräuschbilder von verschiedenen Kraftstoffen. (A. Schmid)

Infolge des Ausbaues der elektroakustischen Meßmethode war es möglich geworden, im Gegensatz zu den früheren Versuchen, welche die Lautstärke des Geräusches durch Ausmessen der Amplitude des Geräuschbildes erhielten, nunmehr die Geräuschstärke an einem Zeigerinstrument, welches über viele Klopfstöße den Mittelwert bildet, abzulesen. (8) Der so gefundene Wert wurde jedem der Versuchspunkte zugeordnet.

Die vorliegenden Versuche haben sich bewußt auf die Erweiterung der Prüfmethode zur Dieselöluntersuchung beschränkt. Es sollten nicht alle Einflüsse, welchem der Zündverzug und die Laufeigenschaften unterliegen, untersucht werden, sondern es sollten die Apparatur und die Methode weiter entwickelt werden, welche es ermöglichen, neben dem Zündverzug die Laufhärte zu bestimmen und damit diese einem Kraftstoff neben der Cetanzahl vergleichend zuzuordnen.

Aufbau der Ver...

Für die Durch... verwendet. Bi... zwei Oszillog...



Gesamtansicht für Druckverl... für Verbrennu...

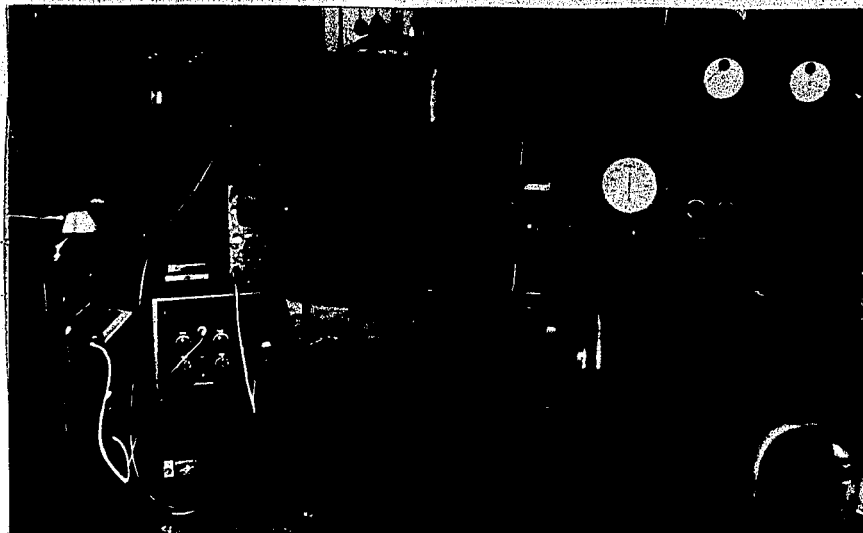
...otor...  
 raum...  
 kopf kann die...  
 führung gesch...  
 Betriebsart d...  
 ist mit einer...  
 sen und Brems...  
 gungen sind f...

- Dreh
- Kühl
- Verb
- Einspri
- Pumpend

### Aufbau der Versuchsanordnung

Für die Durchführung der Versuche wurde ein I.G.-Dieselprüfmotor verwendet. Bild 2 zeigt eine Gesamtansicht des Prüfstandes mit zwei Oszillographen.

Bild 2



Gesamtansicht des Prüfstandes. a) Prüfmotor, b) Oszillograph für Druckverlaufdiagramme, c) Meßinstrument, d) Oszillograph für Verbrennungsgeräuschbilder.

Der Motor ist eine stehende Einzylindermaschine mit 1 Liter Hubraum. Durch Heben und Senken des Zylinders mitsamt dem Zylinderkopf kann die Verdichtung verändert werden. Die Kraftstoffzuführung geschieht durch direkte Strahleinspritzung, weil diese Betriebsart die schärfsten Prüfbedingungen ergibt. Der Motor ist mit einer Gleichstrommaschine gekuppelt, welche zum Anlassen und Bremsen dient. Die konstant zu haltenden Betriebsbedingungen sind folgende:

Drehzahl: 1000 Umdrehungen/Minute

Kühlung: 100°C

Verbrauch: 50 ccm/3 Minuten

Einspritzdüse: Bosch DL OS 103

Pumpendruck: 200 atü

Mittels ein  
des Zylind  
genommen.  
Strahl ein  
Nier-Bresd  
spritzleit  
net. Die S  
Wasserring  
ge Teil vor  
einanderg  
den oberen  
3 zeigt das  
beiden Marl

flau  
) Farbe fü  
ver. OT.

Der Einspri  
Einspritzle  
werden. Bil  
teren Strah  
ständigen A

Mittels eines Quarzdruckindikators, welcher in einer Bohrung des Zylinderkopfes angebracht ist, wird das Druckdiagramm aufgenommen. Dieser Quarzdruckindikator arbeitet auf dem unteren Strahl eines Zweifach-Elektronenstrahloszillographen von Dr. Nier-Dresden. Auf dem oberen Strahl wird der Druck in der Einspritzleitung ebenfalls von einem Quarzdruckelement aufgezeichnet. Die Seitenablenkung der Strahlen erfolgt durch einen Wasserringübertrager, wobei der für die Untersuchungen wichtige Teil von  $45^\circ$  KW auf die gesamte Länge des Diagramms auseinandergezerrt wird. Eine Marke in dem Diagramm bezeichnet den oberen Totpunkt (OT), eine zweite  $18^\circ$  KW vor dem OT. Bild 3 zeigt das Diagramm der fremd angetriebenen Maschine mit den beiden Marken.

Bild 3



Druckverlaufsdiagramm der fremd angetriebenen Maschine  
 a) Marke für den oberen Totpunkt (OT), b) Markierung für  $18^\circ$  KW vor OT.

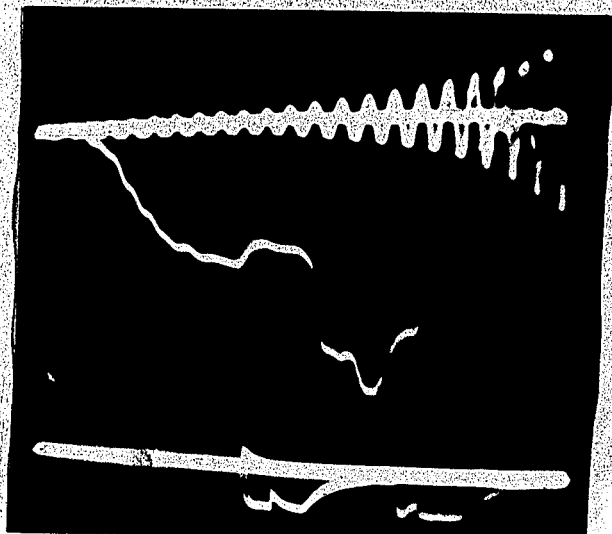
Der Einspritzbeginn kann außer durch den Druckverlauf in der Einspritzleitung noch durch einen Düsenadelkontakt angezeigt werden. Bild 4 zeigt den Druck in der Leitung und auf dem unteren Strahl die Düsenadelerhebung. Bild 5 zeigt einen vollständigen Arbeitstakt.

Druck in der

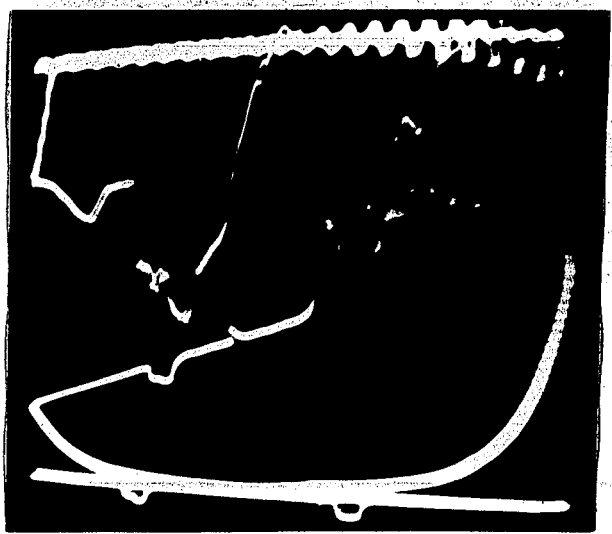
die Apparatur  
 ist in Abb. 6  
 rüschfrequen  
 ger Körpersch  
 trennscharfen  
 gegenüber sei  
 vortreten läß  
 gung am Motor

08282

- 48 -



Druck in der Einspritzleitung und Düsennadelerhebung



Vollständiger Arbeitstakt

Die Appareatur zur Aufnahme und Anzeige der Verbrennungsgeräusche ist in Abb.6 schematisch dargestellt. Für die Aufnahme der Geräuschfrequenzen wurde ein vom Verfasser entwickelter neuartiger Körperschallgeber verwendet, der in Verbindung mit einem trennscharfen Siebgerät die Verbrennungsgeräusche des Motors gegenüber seinem sonstigen Laufgeräusch besonders deutlich hervortreten läßt. Die Verbindung dieses Gebers, dessen Befestigung am Motor Abb.9 zeigt, mit dem Siebverstärker erfolgte über

Indikatorogramm



Siebverstärker

Mikrophon

Indikator

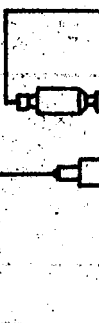
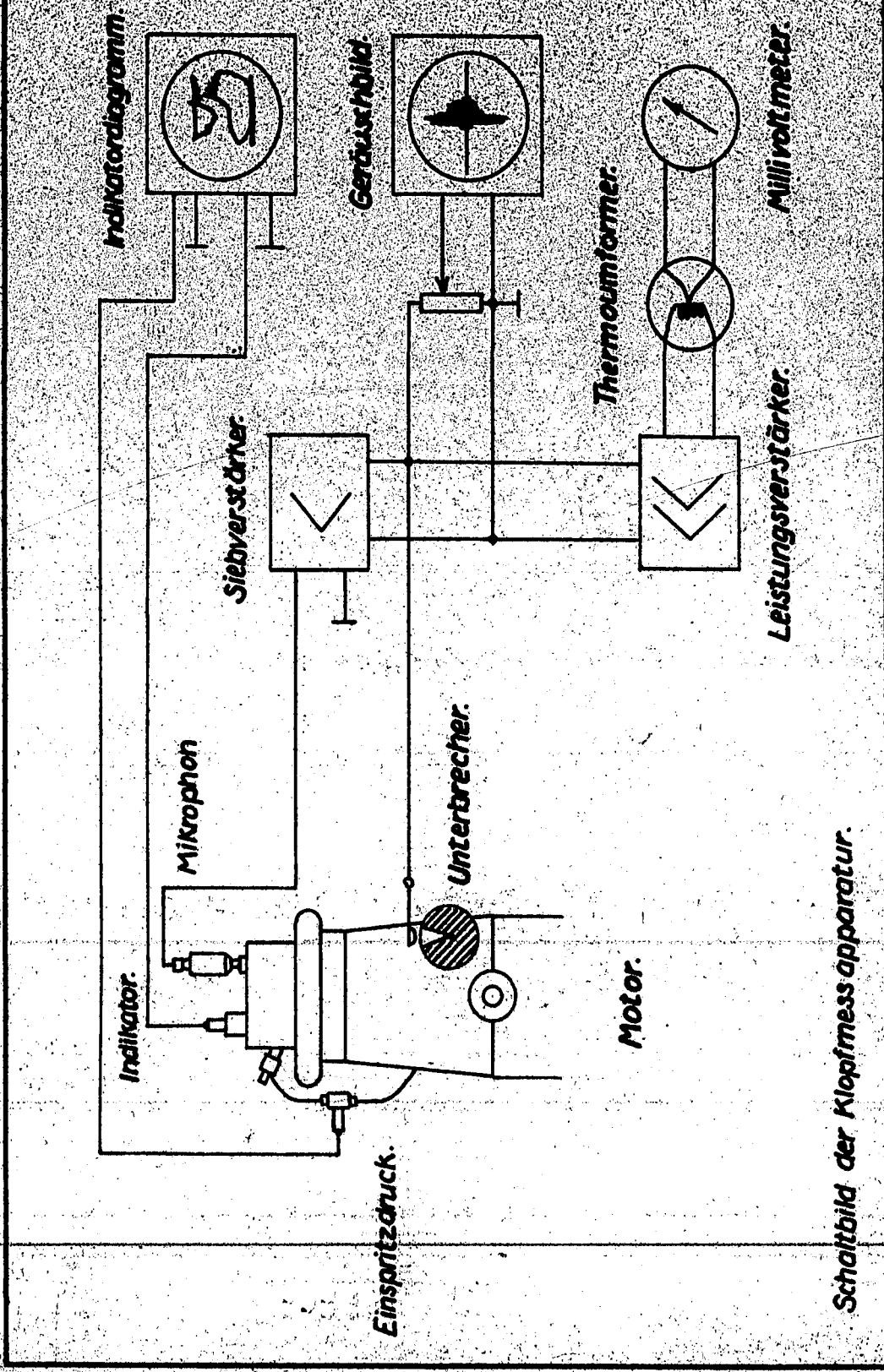


Abb. 6  
08283



Schaltbild der Klopfmessapparatur.

ein abgeschirm  
liegt ein Kont  
daß er den Bur  
freigibt und w  
schließt.

Nach dem Unter  
ein Poteniomet  
dort laufend b  
bild der Masch  
brecher zeigt.

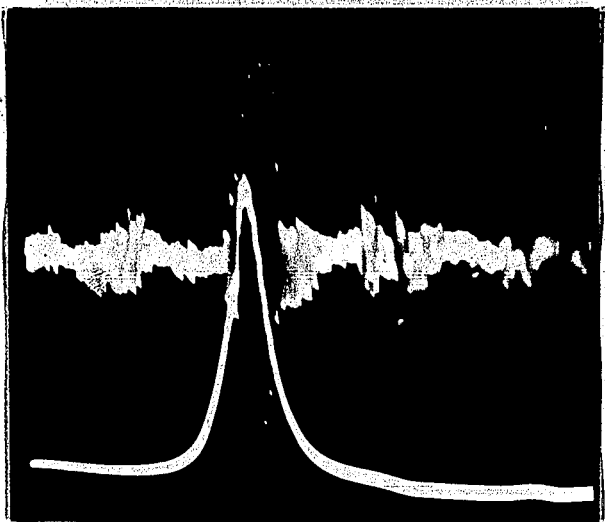
Geräuschbild d  
druckverlaufku

Geräusch



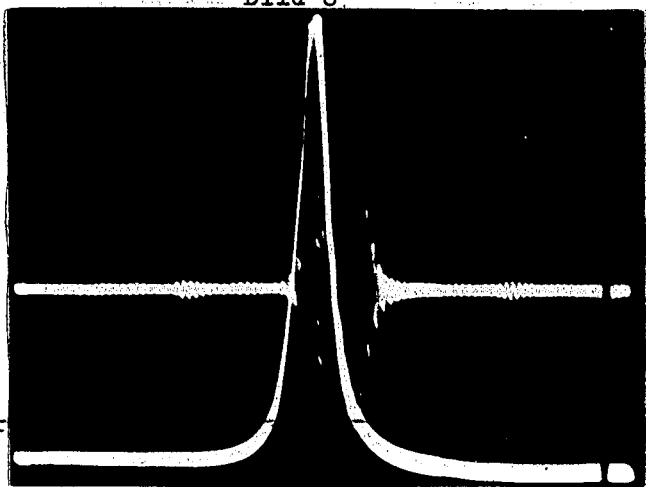
ein abgeschirmtes Kabel. Parallel zum Ausgang des Siebgerätes liegt ein Kontakt, welcher durch den Motor so gesteuert wird, daß er den Durchgang nur während des Verbrennungsgeräusches freigibt und während der übrigen Zeit den Verstärker kurz schließt.

Nach dem Unterbrecher wird die Geräuschspannung einmal über ein Potentiometer auf einen Oszillographen geleitet und kann dort laufend beobachtet werden. Bild 7 zeigt das Gesamtgeräuschbild der Maschine, während Bild 8 den Zustand nach dem Unterbrecher zeigt.



Geräuschbild des Motors auf dem oberen Strahl. Unterer Strahl. Druckverlaufkurve.

Bild 8



Geräuschbild nach dem Unterbrecher

Für die Me  
bei den Kl  
Leistungsv  
Thermoumf  
voltmeter  
Apparatur  
körper auf

Abb. 7 Befe  
des

POOR  
COPY

6

Für die Messung mittels Zeigergerät wird in gleicher Weise wie bei den Klopfmessungen am Ottomotor die Geräuschspannung einem Leistungsverstärker zugeleitet, dort verstärkt und über einen Thermoumformer, der als Dämpfungsglied wirkt, auf einem Millivoltmeter angezeigt. (8) Die Anzeige ist gemäß dem Aufbau der Apparatur proportional der Schalleistung, die in dem Motor-körper auftritt.

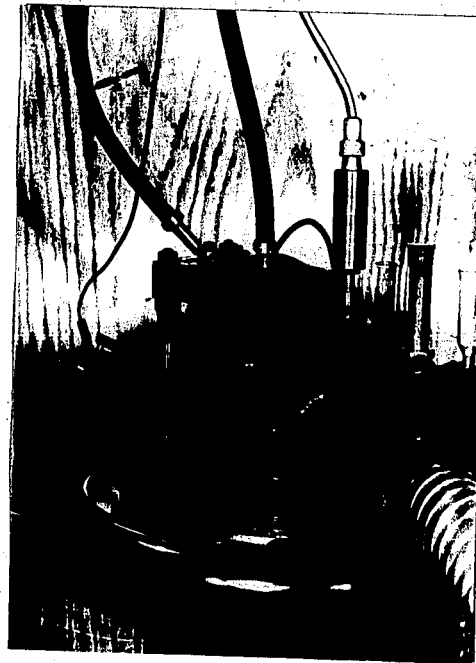


Abb. 9 Befestigung des Körperschallgebers am Zylinderkopf des I.G.-Prüfdieselmotors

#### Durchführung

Um während d  
Bedingungen  
zahl konstan  
mes des Gle  
te Kraftsto  
der Belastun  
die Größe de  
bene Leistun  
messen und i  
bezeichnet.

Der Zündverz  
mit einer Kl  
an dem Milli  
tung des Mo

#### Über Vorvers

An Hand eing  
Hilfe der ei  
eines Diesel  
die Härte de  
Zündverzug,  
raumes im Au  
fenheit ist  
sachen (11)  
brennungsgen

- 1.) Vorrü
- 2.) Vergri  
und c  
eing
- 3.) Verkl  
im Au

+ ) Als Zündpu

08286

Durchführung der Versuche

Um während der Durchführung der Versuche stets gleichbleibende Bedingungen zu haben, wurde der Motor so belastet, daß die Drehzahl konstant blieb. Das wurde durch Regelung des Erregerstromes des Gleichstrom-Pendeldynamos erreicht. Da die eingespritzte Kraftstoffmenge stets gleich 50 ccm in 3 Minuten war, und der Belastungswiderstand des Dynamos nicht geändert wurde, war die Größe des Erregerstromes ein Vergleichsmaß für die abgegebene Leistung. Er wurde bei den einzelnen Versuchspunkten gemessen und ist in den Zeichnungen sinngemäß als Leistungsmaß bezeichnet.

Der Zündverzug wurde an Hand von photographischen Aufnahmen mit einer Kleinbildkamera festgestellt. Der Geräuschwert wurde an dem Millivoltmeter abgelesen und durch subjektive Beobachtung des Motorzustandes ergänzt.

Über Vorversuche

An Hand eingehender Vorversuche wurde festgestellt, daß man mit Hilfe der elektroakustischen Methode das Verbrennungsgeräusch eines Dieselmotors sehr gut erfassen kann. Es zeigte sich, daß die Härte des Verbrennungsschlages abhängig vom Zündpunkt<sup>+) , Zündverzug, der Einspritzmenge, von der Größe des Verbrennungsraumes im Augenblick der Zündung und von der Kraftstoffbeschaffenheit ist. Dabei wirken sich nach den bisher bekannten Tatsachen (11) die rein motorischen Faktoren so aus, daß das Verbrennungsgeräusch zunimmt bei:</sup>

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1.) Vorrücken des Zündpunktes  | } | gilt nur im Bereich<br>der Zündung vor OT |
| 2.) Vergrößerung des Zündverzuges<br>und damit der bis zum Zündpunkt<br>eingespritzten Kraftstoffmenge |   |   |
| 3.) Verkleinerung des Verbrennungsraumes<br>im Augenblick der Zündung                                  |   |   |

<sup>+) Als Zündpunkt gilt der Beginn des wirksamen Druckerstieges</sup>

Die Kraftstoff  
wasserstoffe m  
Motors ergeben

In engem Zusam  
fes stehen sei  
falls einen Ei  
es sich gezeig  
auf den Lauf d  
dann ein bedeu  
dampfförmigen  
befindet, wodu  
stande kommt.  
verzweigtem Au  
auch durch größ  
re ungünstige  
herrschenden bi  
physikalischen  
annehmen, daß  
dieser untersch  
dann die Einflü  
gen.

Will man nun de  
sonders heraus  
möglichst nur v  
und die anderen

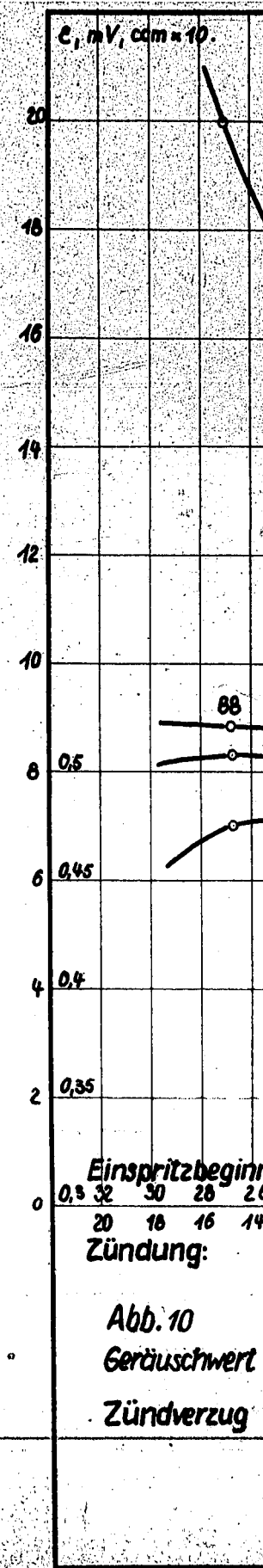
An Hand der Aus  
den, daß diese  
ist. So wurden  
keit vom Zündbe  
Rauminhalt des  
halten werden.  
essant diese Erg  
sche Verwertung  
das Einhalten de  
Versuchspunkte-

Die Kraftstoffbeschaffenheit wirkt sich so aus, daß Kohlenwasserstoffe mit ringförmigem Aufbau einen härteren Lauf des Motors ergeben, als solche mit kettenförmigen Aufbau. (11)

In engem Zusammenhang mit dem chemischen Aufbau des Kraftstoffes stehen seine physikalischen Eigenschaften, welche gleichfalls einen Einfluß auf den Verbrennungsablauf haben. So hat es sich gezeigt, daß eine größere Flüchtigkeit sich ungünstig auf den Lauf des Motors auswirkt, da zu Beginn der Verbrennung dann ein bedeutender Teil eingespritzten Kraftstoffes sich in dampfförmigen und damit reaktionswilligerem Zustand im Zylinder befindet, wodurch eine schlagartige und harte Verbrennung zustande kommt. Da sich nun die Kraftstoffe mit ringförmigen oder verzweigten Aufbau von den kettenförmigen Kraftstoffen meist auch durch größere Flüchtigkeit unterscheiden, treffen so mehrere ungünstige Eigenschaften zusammen. Obwohl über einen vorherrschenden Einfluß einmal der chemischen und zum anderen der physikalischen Eigenschaften wenig bekannt ist, kann man doch annehmen, daß beide Eigenschaften sich motorisch auswirken. Zu dieser unterschiedlichen Beschaffenheit der Kraftstoffe kommen dann die Einflüsse der oben aufgezählten motorischen Bedingungen.

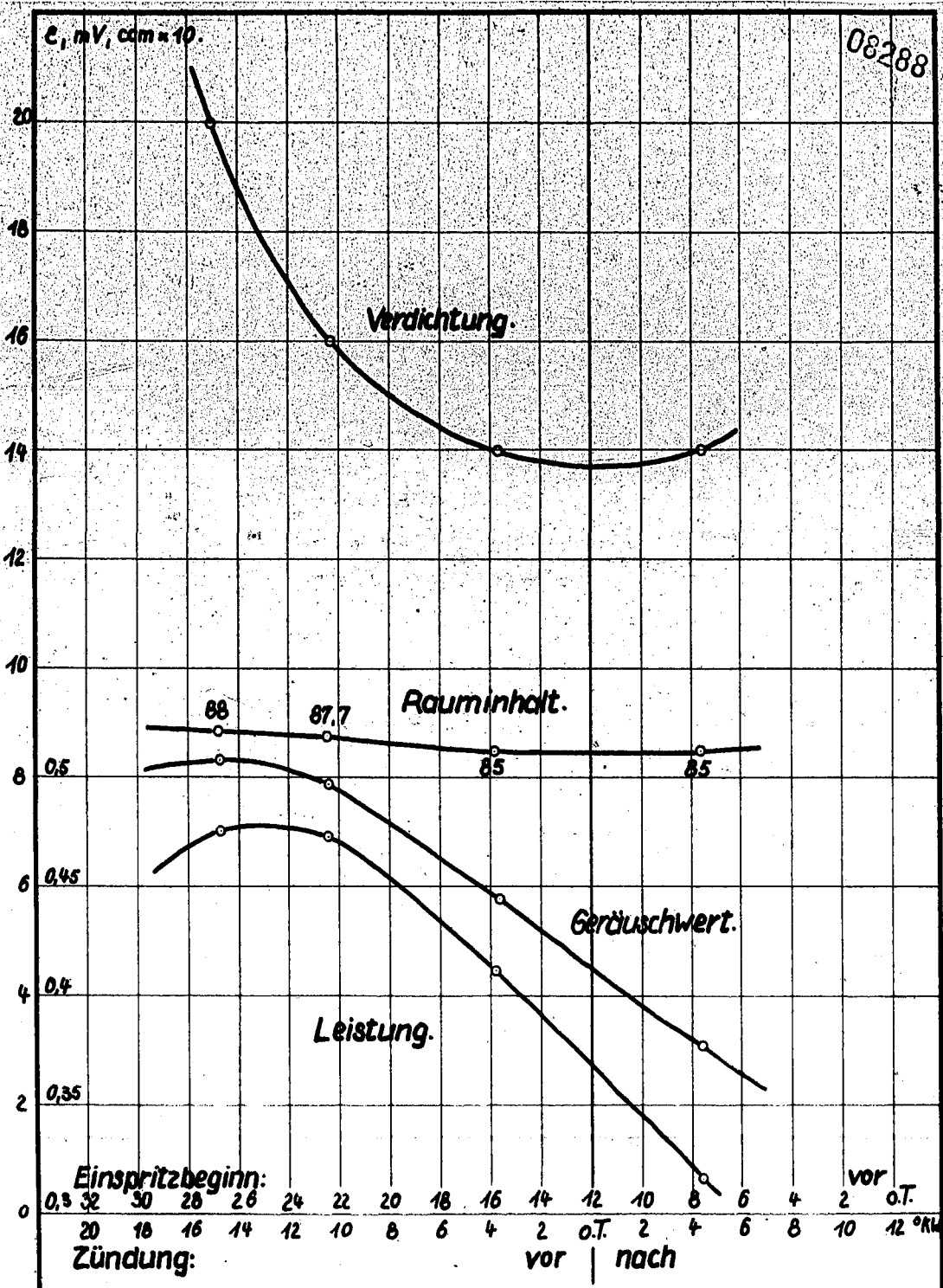
Will man nun den Faktor der Kraftstoffbeschaffenheit ganz besonders herausstellen, so muß man versuchen, den Geräuschwert möglichst nur von einer motorischen Größe abhängig zu machen und die anderen Faktoren konstant zu halten.

An Hand der Auswertung eines Vorversuches konnte gezeigt werden, daß diese Forderung unter gewissen Umständen zu erfüllen ist. So wurden der Geräuschwert und die Leistung in Abhängigkeit vom Zündbeginn ermittelt; dabei konnten Zündverzug und Rauminhalt des Zylinders im Augenblick der Zündung konstant gehalten werden. Die Ergebnisse sind in Abb.10 gezeigt. So interessant diese Ergebnisse sind, so haben sie doch für die praktische Verwertung bei der Kraftstoffprüfung wenig Aussicht, da das Einhalten der Versuchsbedingungen und die große Anzahl der Versuchspunkte die Ermittlung sehr erschweren.



Einspritzbeginn  
0,5 0,45 0,4  
Zündung: 20 18 16 14

Abb. 10  
Geräuschwert  
Zündverzug



**Abb. 10**  
 Geräuschwert u. Leistung in Abhängigkeit vom Zündbeginn.  
 Zündverzug konstant 12° KW.

Im weiteren Verlauf  
 man auf einfache  
 läßt man die  
 toren auf das  
 raschende, jed  
 räuschwertes.  
 von der Verdich  
 gen. Der dabei  
 OT wurde durch  
 deckt sich gut  
 Methode 20° vö  
 Verlauf, d.h.

Beim Betrachte  
 sante Erschein  
 tung konstant  
 der Zündpunkt  
 nach einem Max  
 wert ein Anste  
 mit für das Zu  
 günstigste Bez  
 Wert erreicht.  
 sich sehr gut  
 Versuche gemac

Der Geräuschwe  
 verschiedenen  
 bis zum Zündpu  
 punkt und dem  
 wobei zu bemer  
 tung abhängig  
 Lauf des Motor  
 teln, sie werd  
 spritzpunkt in  
 gestellt. Dies  
 A.W.Schmidt vor  
 als Funktion d

08289

Im weiteren Verlauf der Vorversuche konnte gezeigt werden, daß man auf einfachem Wege zu auswertbaren Ergebnissen kommen kann. Läßt man die Einwirkungen mehrerer, aber an sich bekannter Faktoren auf das Verbrennungsgeräusch zu, so erhält man eine überraschende, jedoch durchaus erklärliche Abhängigkeit des Geräuschwertes. In Abb. 11 ist der Geräuschwert in Abhängigkeit von der Verdichtung für zwei verschiedene Kraftstoffe aufgetragen. Der dabei konstant gehaltene Einspritzpunkt von 18° vor OT wurde durch Vorversuche als günstigster Wert ermittelt. Er deckt sich gut mit den Vorschriften anderer Prüfmethode (I.G. Methode 20° vor OT). Der Zündverzug hat dabei den bekannten Verlauf, d.h. er wird zu den höheren Verdichtungen kürzer.

Beim Betrachten der Geräuschkurve zeigt sich nun eine interessante Erscheinung: obwohl in dem gezeigten Bereich die Verdichtung konstant steigt, der Zündverzug konstant fällt und damit der Zündpunkt konstant vorrückt, zeigt die Geräuschkurve erst nach einem Maximum ein starkes Fallen, dann, nach einem Mindestwert ein Ansteigen und danach wieder ein Abfallen. Es gibt somit für das Zusammenwirken von Zündverzug und Zündpunkt eine günstigste Beziehung, bei welcher die Laufhärte den geringsten Wert erreicht. Diese aus den Kurven gelesene Tatsache deckt sich sehr gut mit den Erfahrungen, die bei der Durchführung der Versuche gemacht wurden.

Der Geräuschwert wird bei dieser Art der Darstellung von drei verschiedenen Größen beeinflusst, dem Zündverzug und damit der bis zum Zündpunkt eingespritzten Menge Kraftstoff, dem Zündpunkt und dem Inhalt des Brennraumes im Augenblick der Zündung, wobei zu bemerken ist, daß diese drei Größen von der Verdichtung abhängig sind. Die Auswirkungen der drei Faktoren auf den Lauf des Motors könnte man überlegungsmäßig nur schwer ermitteln, sie werden aber durch die Geräuschkurve bei festem Einspritzpunkt in Abhängigkeit von der Verdichtung deutlich klar gestellt. Diese Darstellungsweise entspricht im übrigen der von A.W.Schmidt vorgeschlagenen Auftragsweise des Zündverzugs als Funktion der Verdichtung bei festem Einspritzbeginn.

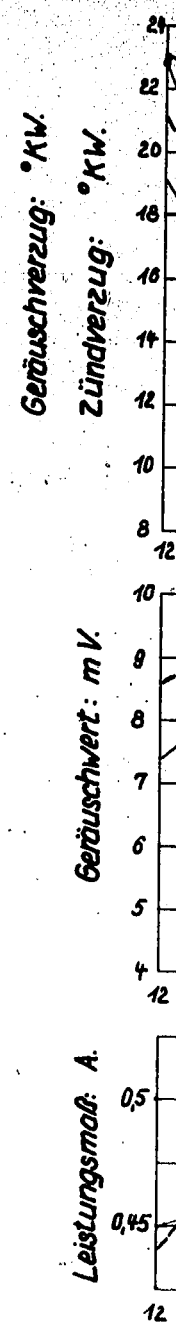


Abb. 11.  
Geräuschverzug  
Abhängigkeit v  
Gemisch diesel

POOR  
COPY 6

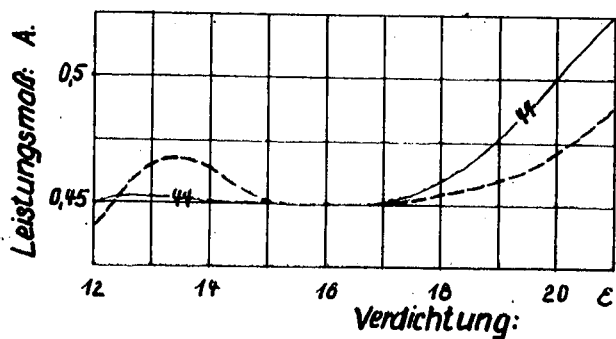
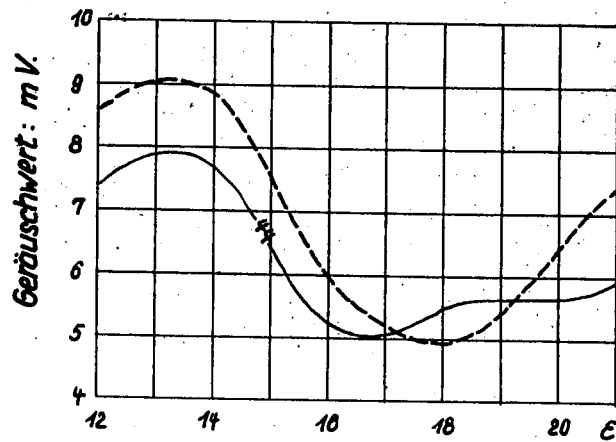
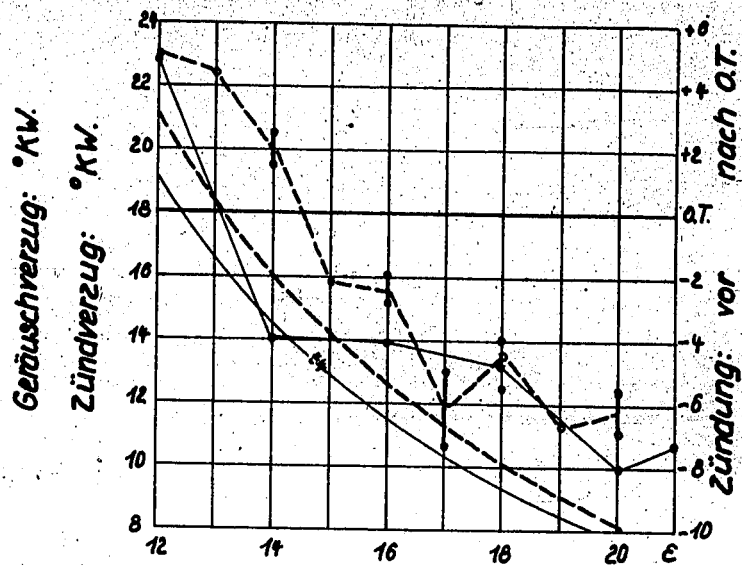


Abb. 11.  
 Geräuschverzug, Zündverzug, Geräuschwert und Leistungsmaß in  
 Abhängigkeit von der Verdichtung. Einspritzpunkt:  $18^\circ$  vor o.T.  
 Gemischdieselöl: - - - - Vergleichsmischung CaZ 44 — 44 —

Zur Abwickl  
 rasch vonst  
 wa 30 sec.  
 solutwerte  
 nau, doch s  
 Lage der Gr  
 lauf genau  
 anzeige ist  
 wichtig.

Untersuchun

Bei der Dur  
 suche wurde  
 an einem be  
 untersuchen  
 den Geräusch  
 Geräuschauf

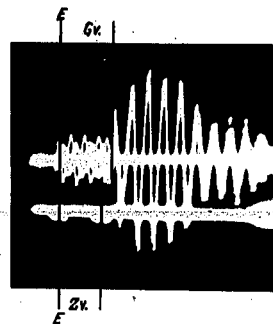
Zur Abwicklung der Untersuchung ist noch zu sagen, daß sie sehr rasch vonstatten geht. Die Geräuschwerte stellen sich nach etwa 30 sec. ruhig ein und streuen sehr wenig; lediglich die Absolutwerte für die Höchst- und Tiefstwerte kommen leicht ungenau, doch sind diese zur Beurteilung weniger maßgebend als die Lage der Grenzwerte, welche sich ja schon aus dem Kurvenverlauf genau ergibt. Da die Geräuschwertanzeige eine Mittelwertanzeige ist, ist die Einhaltung der konstanten Drehzahl sehr wichtig.

#### Untersuchungen über den Geräuscheintrittspunkt

Bei der Durchführung der im Vorangegangenen beschriebenen Versuche wurde beobachtet, daß die Geräuschschwingungen meistens an einem bestimmten Punkt einsetzen. Um die Zusammenhänge zu untersuchen, wurden zu dem Versuch der Abb. 11 die entsprechenden Geräuschaufnahmen gemacht. Bild 12 zeigt eine derartige Geräuschaufnahme.

Bild 12

Geräuscheintrittspunkt beim I.G. Prüflesel.



Leitspitzpunkt (E) 18° vor oberem Totpunkt.

Zündpunkt im oberen Totpunkt.

Zündverzögerung: 18° KW. Geräuschverzögerung: 216° KW.

Es ist darin  
der Geräusch  
cher Weise wu  
punkte bestim  
tragen. Es ze  
den kleinen  
Da von jedem  
sich in einig  
dann der Mitt  
räuschverzögerung  
der Cetannisc  
zug erweist s  
der Zündverzögerung  
brennungsgeschwindigkeit  
da ein etwaig  
von den auftr  
nicht auswerte  
Da man aus Ab  
sich dadurch  
che erkennen  
reinigung des  
daß eine Ver  
punktes zu ei  
räuschverzögerung



Es ist darin der Zündverzug (Zv), welcher 18° KW beträgt und der Geräuschverzug (Gv) mit 21,8° KW eingezeichnet. In gleicher Weise wurde der Geräuschverzug für die einzelnen Versuchspunkte bestimmt. Er ist in Abb.11 über dem Zündverzug aufgetragen. Es zeigte sich, daß der Geräuschverzug besonders bei den kleinen Geräuschwerten sehr starke Streuwerte aufwies. Da von jedem Zustand zwei Aufnahmen gemacht wurden, ergaben sich in einigen Fällen zwei Geräuschverzugswerte, aus denen dann der Mittelwert gebildet wurde. In Abb.11 sind die Geräuschverzugs des Gemischdieselöles dünn ausgezogen und die der Cetanmischung dünn gestrichelt verbunden. Der Geräuschverzug erweist sich dabei stets um einen gewissen Wert größer als der Zündverzug. Ob dieser Wert im Zusammenhang mit der Verbrennungsgeschwindigkeit steht, läßt sich nicht feststellen, da ein etwaiger Unterschied sich meßtechnisch, ganz abgesehen von den auftretenden Streuungen, mit den bisherigen Mitteln nicht auswerten läßt.

Da man aus Abb.11 den Verlauf des Zündverzuges kennt, lassen sich dadurch Streuwerte des Geräuschverzuges leicht als solche erkennen und ausschalten. Man erreicht dadurch eine Bereinigung des Kurvenverlaufs und ist zu der Annahme berechtigt, daß eine Verfeinerung der Feststellung des Geräuscheintrittspunktes zu einer genaueren Bestimmung des Verlaufes des Geräuschverzuges führen kann.

Versuche mit

Im folgenden  
ben. Die vier  
Ursprungs. Ihr  
CaZ 55. Folgen

- 1.) Steink
- 2.) Braun
- 3.) Hydri
- 4.) Erdöl

Um das Steink  
können, wurde  
CaZ 37 gebrach  
fahren, da bes  
ten Öle mit ni

In Abb.13 ist  
aufgezeichnet.  
teeröl und dan  
den Bestandtei  
teeröl und das  
cher aber bede  
ersten Öle kön  
en paraffinisc  
den letzteren,  
ten läßt.

POOR  
COPY 6

POOR  
COPY

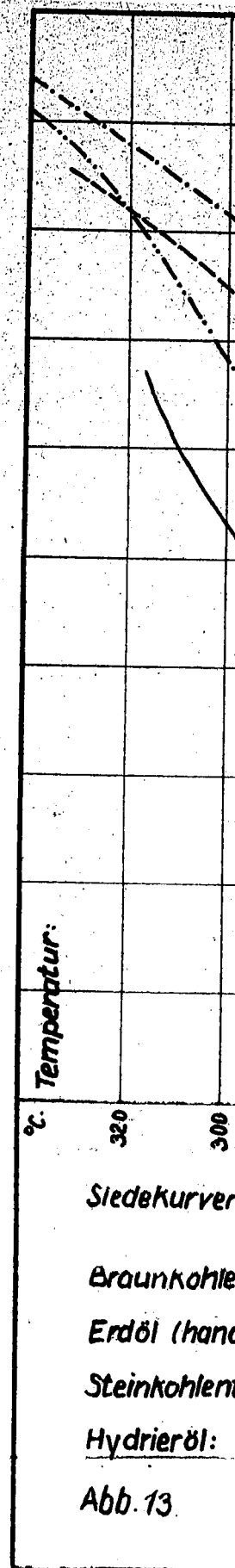
Versuche mit verschiedenen Ölen

Im folgenden sind die Versuche mit einigen Diesolölen beschrieben. Die vier untersuchten Öle sind Erzeugnisse verschiedenen Ursprungs. Ihre Zündeigenschaften liegen zwischen Ca-Z 35 und CaZ 55. Folgende Öle wurden untersucht:

- 1.) Steinkohlenteeröl 41
- 2.) Braunkohlenteeröl 128 (Grenzöl) CaZ 38
- 3.) Hydrieröl CaZ 42,5
- 4.) Erdöl (handelsüblich) CaZ 54

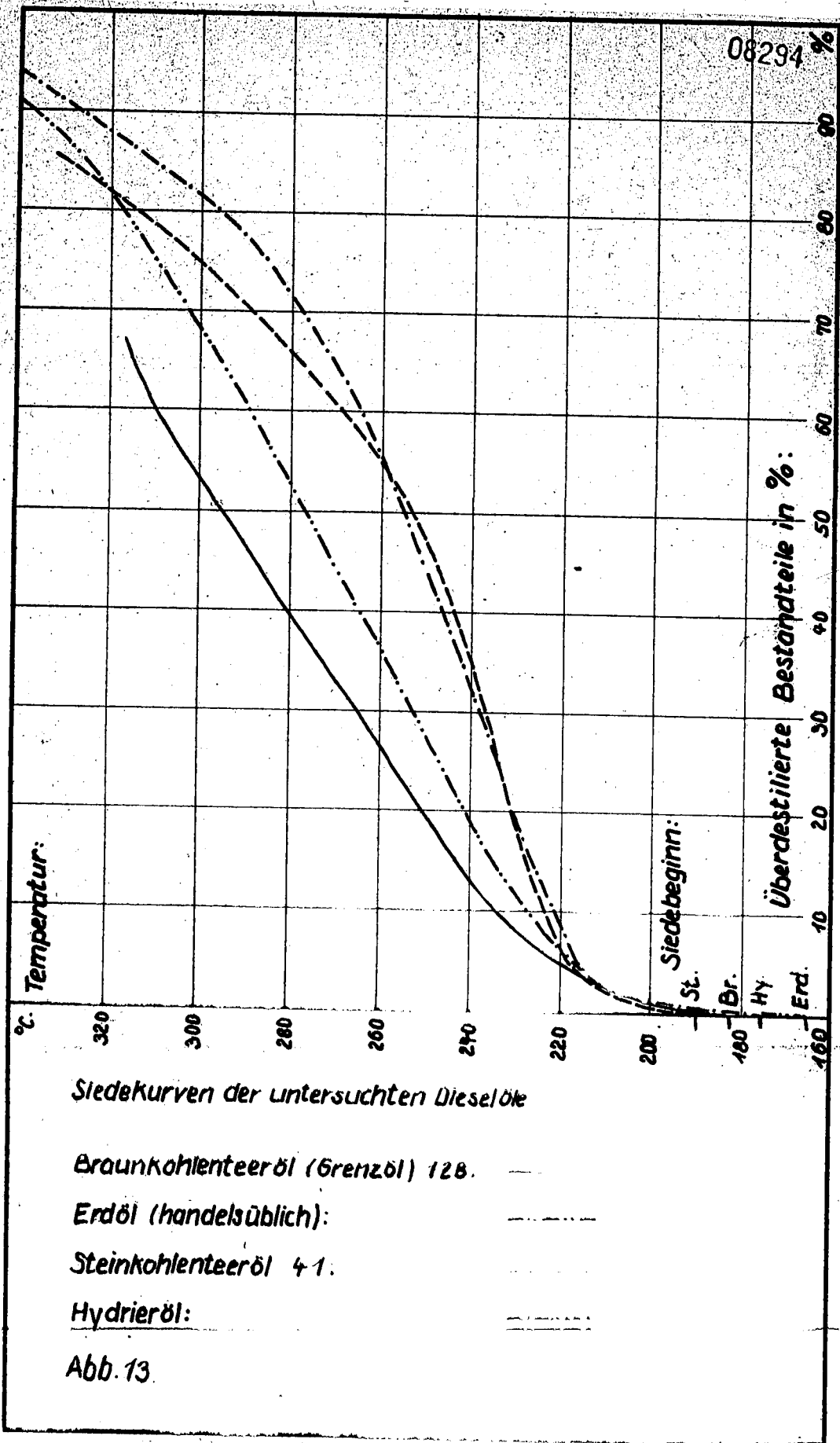
Um das Steinkohlenteeröl unter normalen Bedingungen fahren zu können, wurde es mit 40% Kogasin II gemischt und so auf die CaZ 37 gebracht. Die anderen Öle wurden ohne Beimischungen gefahren, da besonders die Laufeigenschaften dieser unverbesserten Öle mit niedrigen Cetanzahlen interessant erschienen.

In Abb. 13 ist das Siedeverhalten der vier Grundöle nach Engler aufgezeichnet. Es ist daraus zu ersehen, daß das Braunkohlenteeröl und danach das Erdöl den größten Anteil an hochsiedenden Bestandteilen haben. Die zwei anderen Öle, das Steinkohlenteeröl und das Hydrieröl, haben etwa gleichen Siedeverlauf, welcher aber bedeutend tiefer liegt. Aus dem Verhalten der beiden ersten Öle könnte man schliessen, daß sie einen größeren Anteil an paraffinischen Kohlenwasserstoffen enthalten als die beiden letzteren, was sich auch nach der Herkunft der Öle vertreten läßt.



POOR  
COPY

6



Zur Festst  
 Dieselöle  
 Verdichtun  
 Leistung g  
 OT. Zum Ve  
 von 30, 35  
 führung wa  
 und die We  
 gleichsmis  
 abgelesen.

In Abb.14  
 Vergleichs  
 gen. Diese  
 teeröl + 4  
 Verhalten  
 se in Abb.  
 30, 35 und  
 das Zündve  
 Kurven kan  
 dichtung g  
 mischungen  
 wieder unt  
 wertet man  
 dem I.G.-V  
 einem kons  
 die CaZ),  
 CaZ 37 und  
 Verlauf de  
 über den G  
 konstanten  
 gäbe das f  
 kohlenteer  
 auch aus d

Zur Feststellung der Zünd- und Laufeigenschaften wurden die Diesellole in dem I.G.-Prüfmotor untersucht. Bei verschiedenen Verdichtungen wurden der Zündverzug, der Geräuschwert und die Leistung gemessen. Der Einspritzpunkt war konstant bei  $18^{\circ}$  vor OT. Zum Vergleich wurden Cetan- $\alpha$ -Methylnaphthalinmischungen von 30, 35, 40, 45 und 50% Cetan gefahren. Die Versuchsdurchführung war so, daß die Verdichtung steigend verändert wurde und die Werte bei ganzzahligem  $\epsilon$  abgelesen wurden. Bei den Vergleichsmischungen wurden die Werte nur bei gradzahligem  $\epsilon$  abgelesen.

In Abb.14 sind diese Werte für das Braunkohlenteeröl und zwei Vergleichsmischungen mit den Cetanzahlen 35 und 40 aufgetragen. Dieselbe Aufzeichnung ist in Abb.15 für das Steinkohlenteeröl + 40% Kogasin II gemacht. Um auch das unterschiedliche Verhalten der zwei Diesellole gegeneinander zu zeigen, sind diese in Abb.16 zusammen mit den Vergleichsmischungen der CaZ 30, 35 und 40 nochmals aufgetragen. Die obere Kurvenschar gibt das Zündverhalten der Diesellole wieder. Aus dem Verlauf der Kurven kann man die Abhängigkeit des Zündverzuges von der Verdichtung genau beurteilen. Man sieht, daß sich die Vergleichsmischungen anders verhalten wie die Diesellole, und daß diese wieder unter sich einen unterschiedlichen Verlauf haben. Bewertet man nun die Zündeigenschaften dieser beiden Öle nach dem I.G.-Verfahren (d.h. man vergleicht die Verdichtungen bei einem konstanten Zündverzug von  $18^{\circ}$  KW und ermittelt daraus die CaZ), so müßte man dem vergüteten Steinkohlenteeröl die CaZ 37 und dem Braunkohlenteeröl die CaZ 38 zusprechen. Der Verlauf der Kurven zeigt jedoch, daß diese Bestimmung nicht über den Gesamtbereich richtig ist. Würde man die CaZ bei dem konstanten Verdichtungsverhältnis von  $\epsilon = 20$  ermitteln, so ergäbe das für das Steinkohlenteeröl die CaZ 38 und für das Braunkohlenteeröl die CaZ 37. Die Werte sind also vertauscht, was auch aus dem Verlauf der Kurven hervorgeht.

°KW

Zündverzug:

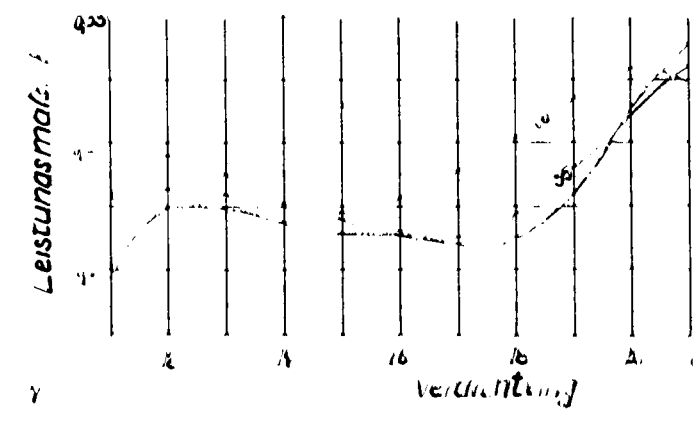
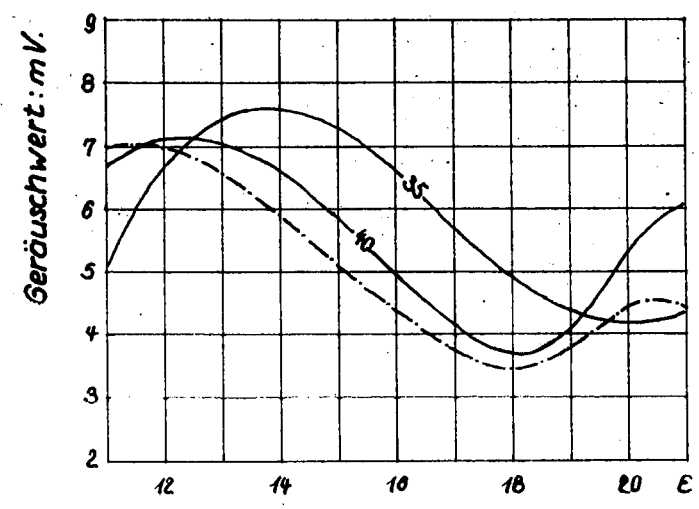
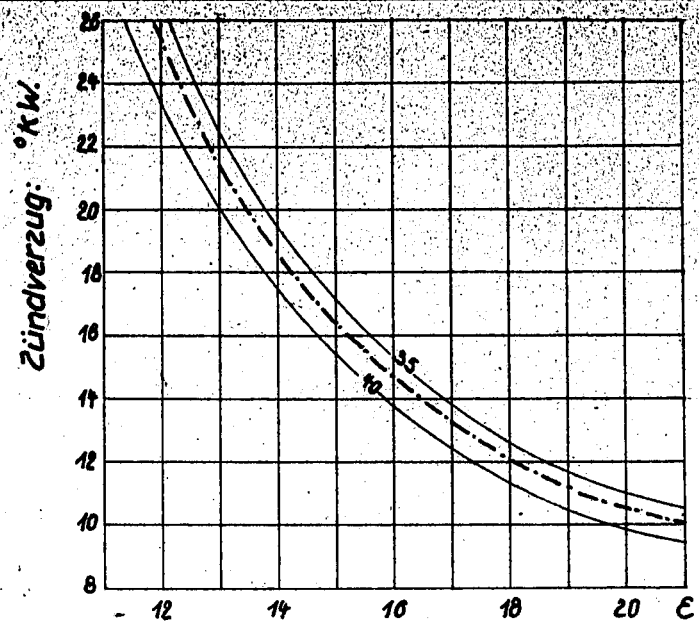
Geräuschwert: mV

Leistungsmaß:

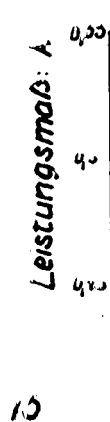
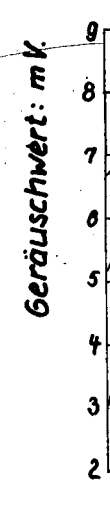
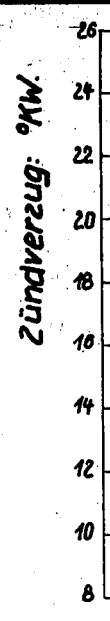
POOR  
COPY

6

08296



Leistungsmaß:  $\frac{1}{1000}$  kW  
 Verdichtung  
 10 und 35 U/min  
 Vergleichsmischung Coal 35  
 Braunkohlenteeröl.



10 und 35 U/min  
 Zündverzug  
 von der Verdichtung  
 Steinkohlenteeröl.

08297

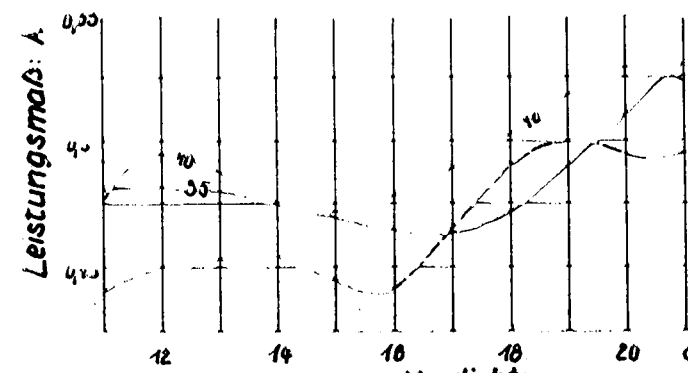
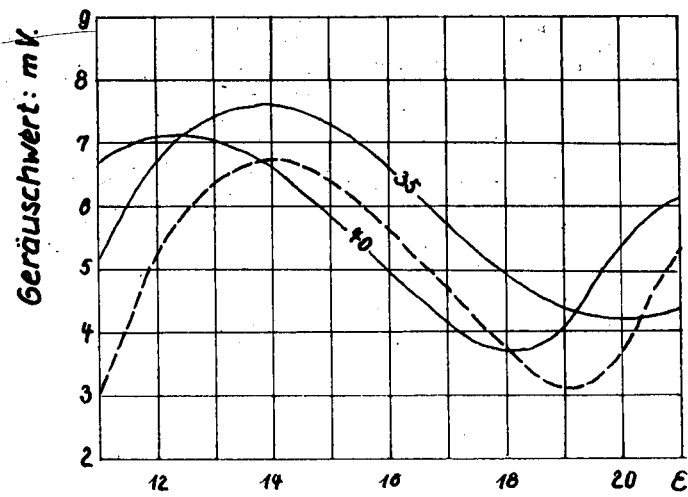
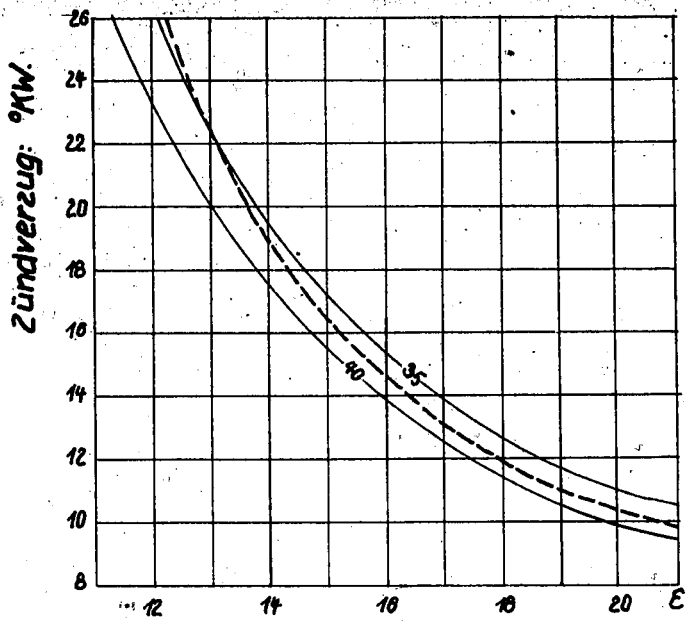


Abbildung 10  
 Zündverzugs, Geräuschwert und Leistungsmaß in Abhängigkeit  
 von der Verdichtung. Vergleichsmischung CaZ 35: — 35 —  
 Steinkohlenteeröl + 40% Kogasin II: - - - -

Wenn auch die  
 die Maßgenau  
 wie wenig die  
 punktmethode  
 bei verschied  
 Die mittlere  
 eigenschaften  
 nen Werte ste  
 die Ablesung  
 durch gefunde  
 Verlauf, wie  
 de. Es ist all  
 cha sich auch  
 eines einzigen  
 len übrigen  
 Beim Vergleich  
 ven der Vergl  
 den sich in d  
 waagrecht geg  
 Kurven zeigte  
 Versuches nur  
 und teilweise  
 den konnten,  
 Bei Genauigke  
 Diese Tatsach  
 und die Ausw  
 te als nach d  
 Die Kurven de  
 charakteristi  
 den Kurven ei  
 beiden Öle fa  
 Kohlenteeöl  
 teeröl; seine  
 CaZ 40.

wenn auch der Wertzahlunterschied in diesem Falle wenig über die Meßgenauigkeit hinausgeht, so zeigt dieses Beispiel schon, wie wenig die Bestimmung des Zündverhaltens nach einer Linienpunktmethode über das wirkliche Zündverhalten von Kraftstoffen bei verschiedenen Verdichtungen aussagen kann.

Die mittlere Kurvenschar zeigt die Auswirkungen der Verbrennungseigenschaften der Öle auf den Gang des Motors. Die aufgetragenen Werte stellen die Größe des Werauswertes dar, wie er durch die Ablesung des Mittelwertinstrumentes gewonnen wurde. Die dadurch gefundenen Kurven zeigen wieder den charakteristischen Verlauf, wie er auch bei den Versuchen der Abb. 11 erhalten wurde. Es ist also anzunehmen, daß die gefundene Kurvenform, welche sich auch gut erklären läßt, nicht nur das Zufallsergebnis eines einzigen Öles ist, sondern auch in ähnlicher Form bei allen übrigen Dieselölen auftritt.

Beim Vergleichen der Kurven fällt zuerst auf, daß sich die Kurven der Vergleichsmischungen sehr ähnlich sind. Sie unterscheiden sich in den Höchst- und Kleinstwerten nur wenig und sind waagrecht gegeneinander verschoben. Bei der Aufnahme dieser Kurven zeigte es sich, daß die Höchstwerte sich während des Versuches nur schwer auf dem Meßinstrument ruhig einstellen und teilweise erst durch den Verlauf der Kurve festgelegt werden konnten, daß sich dagegen die übrigen Kurvenpunkte mit großer Genauigkeit ergaben.

Diese Tatsache muß man bei der Beurteilung der Kurven beachten und die Auswertung weniger nach dem Absolutwert einzelner Punkte als nach dem Verlauf der Kurven vornehmen.

Die Kurven der zwei untersuchten Dieselöle zeigen die gleiche charakteristische Form. Es fällt jedoch sofort auf, daß die beiden Kurven einen unterschiedlichen Verlauf haben, obwohl die beiden Öle fast gleiche Zündigenschaften besitzen. Das Braunkohlenteeröl hat eine weichere Verbrennung als das Steinkohlenteeröl; seine Kurve liegt sogar noch jenseits der Kurve für die CaZ 40.

Die unterste Auswertung mit an einem Prüf widerstände machen und da auf das Ergeb

Auswertung de

Will man nun vornehmen, so gemacht werden Verbrennungsestoffes keine Braunkohlente Motors ergibt aufweist. Größerer Leistung "weicher als" genug über den keit wäre die punktmethode. die entsprechende lotet man die Zündverzugslinie erhaltenen Werte nur sehr we bei konstanten Dabei würden s nungseigenschaft eines für die ohne die Kenntnis möglich, dann dem gewählten denz haben, wie 17.

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

Die unterste Kurvenschar zeigt die Leistungskurven. Bei ihrer Auswertung muß man bedenken, daß eine genaue Leistungsmessung an einem Prüfmotor meistens nicht möglich ist, da die Verlustwiderstände einen zu großen Prozentsatz der Gesamtleistung ausmachen und damit schon kleine Schwankungen dieser Widerstände auf das Ergebnis einen großen Einfluß haben.

#### Auswertung der Ergebnisse - Bewertung der Kraftstoffe

Will man nun aus diesen Kurven eine Bewertung der Dieselöle vornehmen, so muß man wissen, nach welcher Richtung Aussagen gemacht werden sollen. Die alleinige Bestimmung der "weichen Verbrennungseigenschaften" hat für die Beurteilung des Kraftstoffes keinen großen Wert. Es zeigt sich nämlich, daß z. B. das Braunkohlenteeröl bei  $\epsilon = 16$  wohl einen sehr ruhigen Lauf des Motors ergibt, gleichzeitig aber auch die schlechteste Leistung aufweist. Grundsätzlich ist der harte Gang des Motors meist mit großer Leistungsabgabe verbunden. Es sagt also die Benennung "weicher als die entsprechende Vergleichsmischung" nicht genug über den Wert des Kraftstoffes aus. - Eine andere Möglichkeit wäre die Bestimmung des Geräuschwertes nach einer Einpunktmethode. Um zu den Versuchspunkten der I.G.-Prüfmethode die entsprechenden Werte für den Lauf des Motors zu erhalten, lotet man die Schnittpunkte der Zündverzugskurven mit der  $18^\circ$ -Zündverzugslinie auf die dazugehörigen Klopfkurven. Die damit erhaltenen Werte entsprechen aber dem Verhalten der Kraftstoffe nur sehr wenig. Ein besseres Ergebnis würde die Bestimmung bei konstantem Verdichtungsverhältnis, z. B.  $\epsilon = 16$ , ergeben. Dabei würden sich die Kraftstoffe entsprechend ihren Verbrennungseigenschaften richtig einordnen. Es ist jedoch die Wahl eines für die Beurteilung günstigen Verdichtungsverhältnisses ohne die Kenntnis des Gesamtverlaufs der Geräuschkurven nicht möglich, da man nur dann richtige Ergebnisse erhält, wenn bei dem gewählten Verdichtungsverhältnis alle Kurven gleiche Tendenz haben, wie z. B. in Abb. 16 bei der Verdichtung  $\epsilon = 16$  oder 17.

Zündverzug: °KW

Geräuschwert: mV

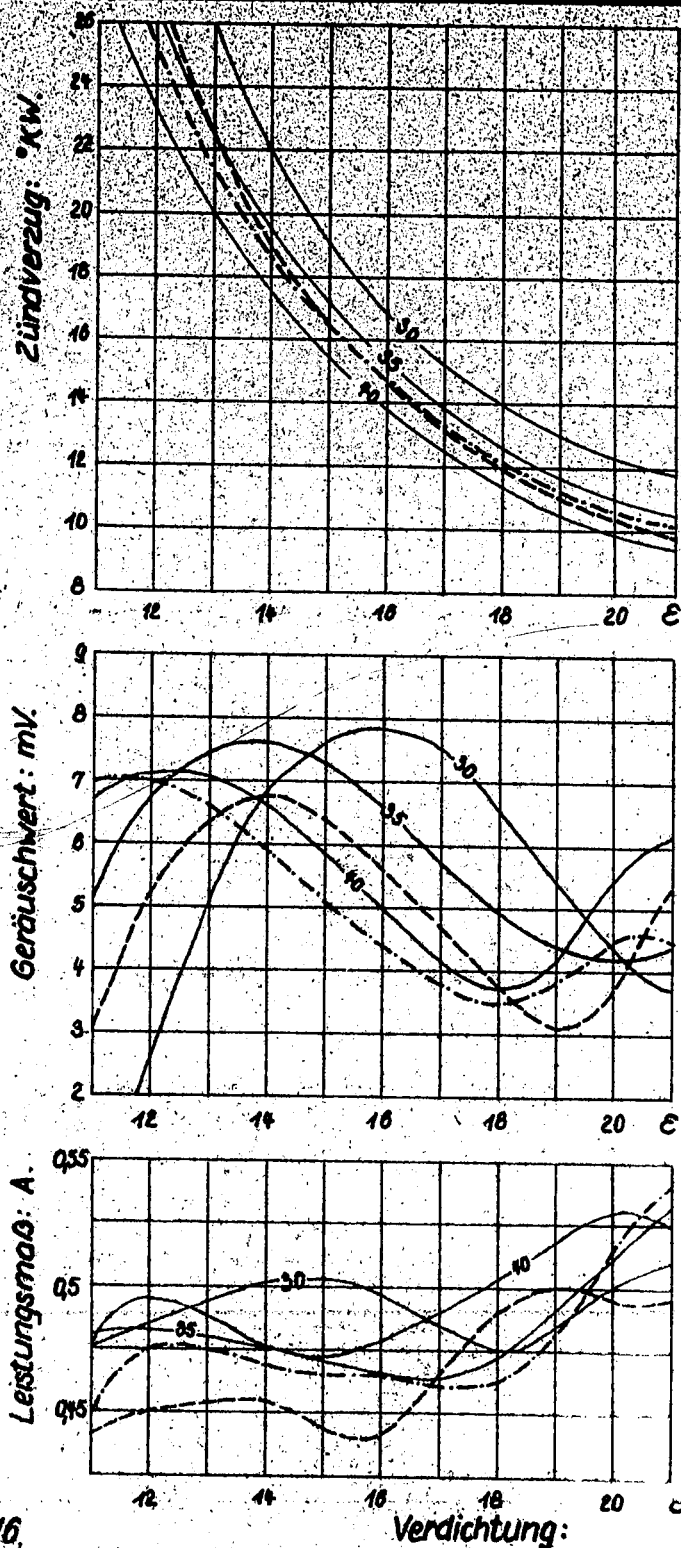
Leistungsmaß: A

Abb. 16.  
Zündverzug  
von der Verd  
Steinkoh  
Braunko

POOR  
COPY

6





**Abb. 16.**  
 Zündverzug, Geräuschwert und Leistungsmaß in Abhängigkeit  
 von der Verdichtung. Vergleichsmischung Ca2 30: ——— 30 ———  
 Steinkohlenteeröl + 40% Kogasin II: - - - - -  
 Braunkohlenteeröl: - · - · -

Um über das  
 machen zu k  
 stellung de  
 16 geben di  
 Bild ihrer  
 hat trotz se  
 einem Öl zw  
 Steinkohlen  
 ten seiner

Liese Gleich  
 öles mit de  
 als auch sa  
 brennungsei  
 ches für di  
 ne solche  
 gewandte Li  
 Kraftstoffe  
 sen Punkt l  
 halten und  
 wendung ein  
 Vergleichsm  
 Lage der Ge  
 mit den Kur  
 fassendere  
 schaften als  
 Cetanmischun  
 das Versuchs

In Abb. 17 s  
 eines Hydri  
 aufgetragen  
 ven den Vor  
 tens. Dem un  
 konstantem  
 sich jedoch  
 der Verdicht  
 der Zündverz  
 ten Bereich

08301

- 67 -

Um über das wirkliche Verhalten des Kraftstoffes eine Aussage machen zu können, muß man in jedem Fall eine kurvenmäßige Darstellung der Verbrennungseigenschaften zu Rate ziehen. In Abb. 16 geben die Geräuschkurven der beiden Dieselöle ein gutes Bild ihrer Verbrennungseigenschaften. Das Braunkohlenteeröl hat trotz seiner CaZ zwischen 35 und 40 Laufeigenschaften, die einem Öl zwischen 40 und 45 CaZ gleichkommen, wogegen das Steinkohlenteeröl + Kogasin in seinen Verbrennungseigenschaften seiner Zündwilligkeit ungefähr entspricht.

Diese Gleichsetzung der Verbrennungseigenschaften eines Dieselöles mit denen einer Cetanmischung ist aber sowohl sinngemäß als auch sachlich nur ein Notbehelf, da man nicht die Verbrennungseigenschaften mit einem Symbol festlegen kann, welches für die Bestimmung des Zündverhaltens definiert ist. Eine solche Möglichkeit besteht bestenfalls für eine richtig angewandte Einpunktmethode, wo naturgemäß nur das Verhalten des Kraftstoffes in einem Punkt festgelegt wird und sich für diesen Punkt leicht je eine Vergleichsmischung für das Zündverhalten und die Verbrennungseigenschaften finden läßt. Die Anwendung einer kurvenmäßigen Bestimmung jedoch schließt diese Vergleichsmöglichkeiten von vornherein aus. Trotzdem gibt die Lage der Geräuschkurve des zu untersuchenden Öles im Vergleich mit den Kurven von Cetanmischungen eine weit bessere und umfassendere Beurteilungsmöglichkeit seiner Verbrennungseigenschaften als die Einpunktbestimmung, wenn sich auch nicht eine Cetanmischung benennen läßt, welche das gleiche Verhalten wie das Versuchsöl zeigt.

In Abb. 17 sind die Versuchsdaten zweier weiterer Dieselöle, eines Hydrieröles und eines handelsüblichen Erdölderivates, aufgetragen. Wieder zeigt die Betrachtung der Zündverzugskurven den Vorteil der kurvenmäßigen Bestimmung des Zündverhaltens. Dem untersuchten Erdöl müßte man nach der Bestimmung bei konstantem Zündverzug von  $18^\circ$  die CaZ 54 zusprechen. Es zeigt sich jedoch, daß das Öl bei der Verwendung in einem Motor mit der Verdichtung  $\epsilon = 16$  knapp die CaZ 50 aufweist. Der Verlauf der Zündverzugskurve des Hydrieröls weicht in dem hier gezeigten Bereich wenig von den Kurven der Vergleichsmischungen ab.

Zündverzug: °KW.

Geräuschwert: m V.

Leistungsmaß: A

Abb 17  
Zündverzug  
von der Ver

POOR  
COPY

6

08302

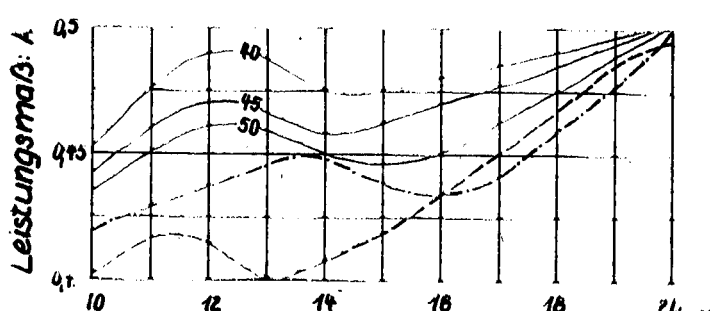
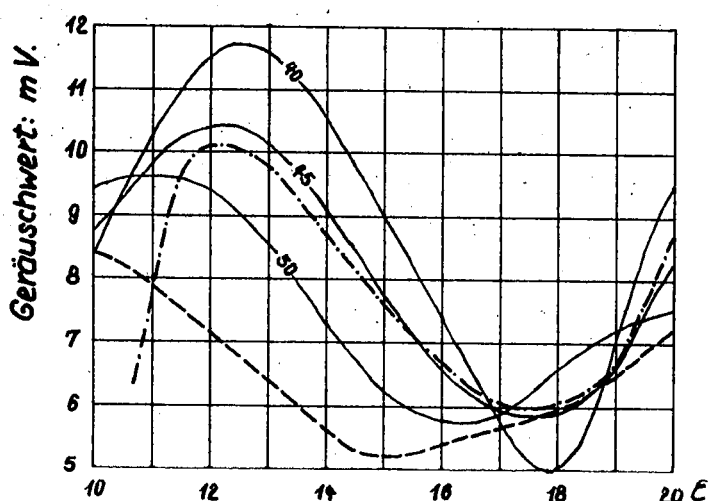
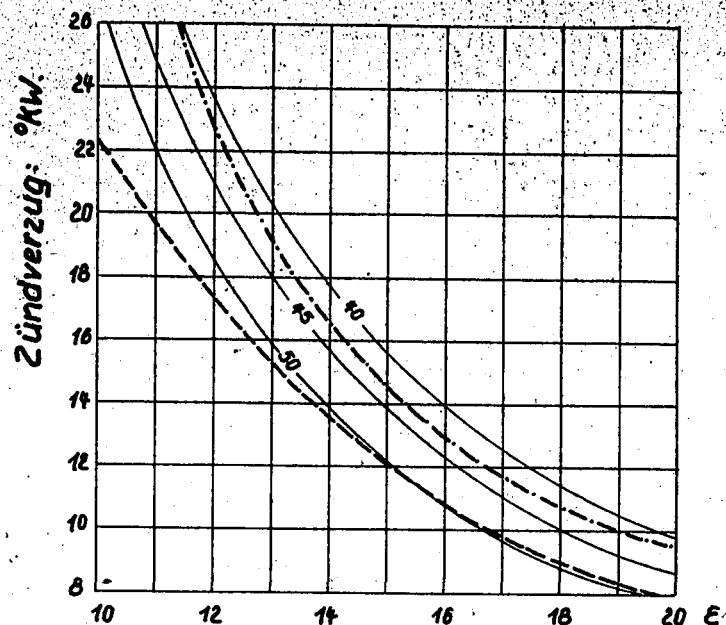


Abb 17  
 Zündverzug, Geräuschwert und Leistungsmaß in Abhängigkeit  
 von der Verdichtung Vergleichsmischung Ca2 + 0. — 40 —  
 Hydrieröl: — — — — —  
 Erdöl: — — — — —

Interessant ist  
 niedrigen Ver  
 Ge Spätzündun  
 Motorgeräusch

Da das Motorg  
 gesamt kleine  
 kurven bei de  
 des Meßgeräte  
 der Beurteilu  
 setzen.

Die Klopfkurv  
 ihren Höchstw  
 sehr weicher  
 tungen als E =  
 des Erdöles e  
 möglich, wobe  
 Das Hydrieröl  
 eigenschaften  
 ve ist bis auf  
 gleichmischun

Die Binordnung  
 brennungseigen  
 Auswertung der  
 allem des Luft  
 Die Kurven hab  
 bei welcher da  
 der Scheitelpu  
 KW nach OT. Di  
 A. Schmid vorge  
 der die Versuch  
 im OT oder in  
 liegenden Unte  
 schen Arbeiten  
 stufung der Kra

Interessant ist nur das starke Ansteigen des Zündverzuges bei niedrigen Verdichtungen und damit, hervorgerufen durch die große Spätzündung im Rücklauf des Kolbens, der rasche Abfall des Motorgeräusches.

Da das Motorgeräusch bei der Verwendung besserer Diesellole insgesamt kleiner wird, wurde zur Erzielung ausgeprägter Klopfkurven bei der Aufnahme der Kurven in Abb. 17 die Verstärkung des Meßgerätes etwas erhöht. Man kann also die Klopfwerte bei der Beurteilung nicht in Vergleich zu den Kurven der Abb. 16 setzen.

Die Klopfkurve des Erdöls hat in dem gezeigten Bereich nicht ihren Höchstwert. Dieser liegt, da es sich hier um ein Öl mit sehr weicher Verbrennung handelt, bei noch kleineren Verdichtungen als  $\epsilon = 11$ . Man sieht aus der Kurve, daß die Verwendung des Erdöles einen außerordentlich ruhigen Lauf des Motors ermöglicht, wobei jedoch die erzielte Leistung sehr niedrig ist. Das Hydrieröl verbrennt etwas weicher als das seinen Grundeigenschaften entsprechende Cetangemisch. Die Tendenz der Kurve ist bis auf die niedrigen Verdichtungen ähnlich den Vergleichsmischungen.

Die Einordnung eines zu prüfenden Öles auf Grund seiner Verbrennungseigenschaften ist nicht das einzige Ergebnis bei der Auswertung der Geräuschkurven. Bei ihrer Betrachtung ist vor allem das Auftreten eines Höchst- und Mindestwertes auffallend. Die Kurven haben ihre Höchstwerte ungefähr bei der Verdichtung, bei welcher das entsprechende Öl im OT zündet. Meistens liegt der Scheitelpunkt der Kurve bei einem Zündbeginn von etwa  $2^\circ$  KW nach OT. Diese Tatsache ist wichtig im Hinblick auf die von A. Schmid vorgenommene Bewertung von Dieselkraftstoffen (6), bei der die Versuchsbedingungen so gewählt werden, daß die Zündung im OT oder in unmittelbarer Nähe desselben stattfindet. Die vorliegenden Untersuchungen stellen eine Erweiterung der Schmid'schen Arbeiten in der Richtung dar, daß die gegenseitige Abstufung der Kraftstoffe nicht allein auf Grund des Geräusch-

maximums erf  
günstigsten

Durch eine m  
das Prüfverf  
Verdichtung  
ändern läßt  
chron mitlau  
tes Bild der

Motorische L

Schon bei den  
die sich imme  
räuschkurve a  
stoffe vorneh  
so ist für di  
einzelnen Kur  
Maximum der K  
tung, bei wel  
zündet. Beid  
wird man es n

Um eine mögli  
erhalten, müs  
zen. Dies ist  
gezeigt hat,  
absolute Größ  
Nur die La  
es auftritt,  
Aus den Abb. 1  
abgabe in den  
nungsgeräusch  
seines Geräusc  
selbst einen  
geringstem Ge  
verwerten. Es  
und damit ein

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

maximums erfolgt, sondern nach einer Geräuschkurve, aus der die günstigsten Bedingungen rasch gefunden werden können.

Durch eine Mechanisierung der Geräuschkurvenaufnahme könnte man das Prüfverfahren noch bedeutend vereinfachen. Indem man die Verdichtung des Prüfmotors durch einen Motor kontinuierlich verändern läßt und gleichzeitig den Geräuschwert auf einem synchron mitlaufenden Schreiber aufzeichnet, erhält man ein direktes Bild der Geräuschkurve.

#### Motorische Erkenntnisse

Schon bei der Besprechung der Versuchsdurchführung wurde auf die sich immer wieder ergebende charakteristische Form der Geräuschkurve aufmerksam gemacht. Ist für die Bewertung der Kraftstoffe vornehmlich die Lage der Kurven gegeneinander wichtig, so ist für die motorische Auswertung hauptsächlich die Form der einzelnen Kurven von Bedeutung. Wie schon erwähnt, liegt das Maximum der Kurven (siehe Abb. 16 und 17) meist bei der Verdichtung, bei welcher der Kraftstoff ungefähr im oberen Totpunkt zündet. Bei der Verwendung eines Kraftstoffes im Gebrauchsmotor wird man es natürlich vermeiden, an diesen Punkt zu fahren.

Um eine möglichst geringe Beanspruchung der Triebwerksteile zu erhalten, müßte man versuchen, das Minimum der Kurve auszunutzen. Dies ist besonders wichtig, da es sich bei den Versuchen gezeigt hat, daß das Kurvenminimum einen Wert darstellt, dessen absolute Größe von der Güte des Dieselöles fast unabhängig ist. Einzig die Lage und damit die Größe der Verdichtung, bei welcher es auftritt, hängt von der Beschaffenheit des Kraftstoffes ab. Aus den Abb. 16 und 17 ersieht man, daß die kleinste Leistungsabgabe in den Teil zwischen Höchst- und Tiefstwert des Verbrennungsgeräusches fällt. Führt man also ein Dieselöl im Punkte seines Geräuschminimums, so kann man, wie die Kurven beweisen, selbst einen Kraftstoff mit schlechten Zündigenschaften mit geringstem Geräusch und weichem Lauf bei guter Leistungsabgabe verwerten. Es ist dazu nur eine entsprechend hohe Verdichtung und damit ein Zündbeginn weit vor dem OT notwendig. Interessant

ist in dies  
teren" dies  
eine bess  
Ben Teil au  
ist. Auf di  
räuschminim  
ren.

Eine richtig  
Dieselöl un  
Gebrauchsmo  
Prüfmotor, v  
dann die ver  
cher- und "i

Die Übertrag  
der-auf den  
und ist am  
den. Es erg  
nicht nur d  
auch das V  
mit Hilfe s  
dann den Ge  
denen Drehz  
mit die Lei  
jeden belie  
ermitteln.  
einen Regl  
Dieselöle z  
ihrer schle  
den konnten

POOR  
COPY

6

POOR  
COP

ist in diesem Zusammenhang die Feststellung, daß die "schlechteren" Diesellole im Punkte ihres kleinsten Geräuschwertes meist eine bessere Leistung aufweisen als die guten Öle, was zum großen Teil auf das höhere Verdichtungsverhältnis zurückzuführen ist. Auf diese Weise gelingt es, durch die Ausnutzung des Geräuschminimums auch diese "schlechten" Öle anstandslos zu fahren.

Eine richtige endgültige Beurteilung der Verhältnisse zwischen Dieselloil und abgegebener Leistung ist aber nur am Mehrzylinder-Gebrauchsmotor möglich, da eine Leistungsmessung am Einzylinder-Prüfmotor, wie schon erwähnt, recht ungenau ist. Dabei müssen dann die verschiedenen Baurichtungen wie Vorkammer, Luftspeicher- und Wirbelkammernmotoren besonders berücksichtigt werden.

Die Übertragung der elektroakustischen Meßmethode vom Einzylinder-auf den Mehrzylindermotor bereitet keine Schwierigkeiten und ist am Ottomotor schon mit großem Erfolg durchgeführt worden. Es ergibt sich dabei der ganz besondere Vorzug, daß man nicht nur das Gesamtgeräusch des Motors untersuchen, sondern auch das Verhalten jedes einzelnen Zylinders beobachten und mit Hilfe sehr einfacher Vorrichtungen messen kann. Man erhält dann den Geräuschwert über dem Voreinspritzwinkel bei verschiedenen Drehzahlen und Belastungen. Nimmt man gleichlaufend damit die Leistungswerte auf, so kann man aus diesen Kurven für jeden beliebigen Fall den günstigsten Voreinspritzwinkel leicht ermitteln. Beim normalen Betrieb müssen dann diese Werte durch einen Regler eingestellt werden. Damit wird es möglich sein, Diesellole zu fahren, die bisher für den normalen Betrieb wegen ihrer schlechten Verbrennungseigenschaften nicht verwendet werden konnten.

Zusammenfassung

Ausgehend von dem Vergleich der Leistungswerte der Motore wurde festgestellt, daß die schlechteren Diesellole im Punkte ihres kleinsten Geräuschwertes meist eine bessere Leistung aufweisen als die guten Öle, was zum großen Teil auf das höhere Verdichtungsverhältnis zurückzuführen ist.

Die Stärke der Geräuschmessung am Mehrzylinder-Gebrauchsmotor ist durch die Möglichkeit der Messung am Einzylinder-Prüfmotor, wie schon erwähnt, recht ungenau ist. Dabei müssen dann die verschiedenen Baurichtungen wie Vorkammer, Luftspeicher- und Wirbelkammernmotoren besonders berücksichtigt werden.

Die Übertragung der elektroakustischen Meßmethode vom Einzylinder-auf den Mehrzylindermotor bereitet keine Schwierigkeiten und ist am Ottomotor schon mit großem Erfolg durchgeführt worden. Es ergibt sich dabei der ganz besondere Vorzug, daß man nicht nur das Gesamtgeräusch des Motors untersuchen, sondern auch das Verhalten jedes einzelnen Zylinders beobachten und mit Hilfe sehr einfacher Vorrichtungen messen kann.

Man erhält dann den Geräuschwert über dem Voreinspritzwinkel bei verschiedenen Drehzahlen und Belastungen. Nimmt man gleichlaufend damit die Leistungswerte auf, so kann man aus diesen Kurven für jeden beliebigen Fall den günstigsten Voreinspritzwinkel leicht ermitteln. Beim normalen Betrieb müssen dann diese Werte durch einen Regler eingestellt werden. Damit wird es möglich sein, Diesellole zu fahren, die bisher für den normalen Betrieb wegen ihrer schlechten Verbrennungseigenschaften nicht verwendet werden konnten.

Die Übertragung der elektroakustischen Meßmethode vom Einzylinder-auf den Mehrzylindermotor bereitet keine Schwierigkeiten und ist am Ottomotor schon mit großem Erfolg durchgeführt worden. Es ergibt sich dabei der ganz besondere Vorzug, daß man nicht nur das Gesamtgeräusch des Motors untersuchen, sondern auch das Verhalten jedes einzelnen Zylinders beobachten und mit Hilfe sehr einfacher Vorrichtungen messen kann.

POOR  
COPY

6

POOR  
COPY

Zusammenfassung und Ausblick

ausgehend von der elektroakustischen Klopfmeßmethode für Ottomotoren wurde eine vorhandene Apparatur zur Messung des Verbrennungsgeräusches bei Dieselmotoren vervollkommen und an einem Einzylinder-Prüfmotor auf ihre Verwendbarkeit untersucht.

Die Stärke des Verbrennungsgeräusches, welche den Motorzustand kennzeichnet, läßt sich als "Veräuschwort" auf einem Zeigerinstrument ablesen. Dieser Veräuschwort erwies sich sowohl für die rein motorischen als auch für die kraftstofftechnischen Fragen des Dieselmotors sehr brauchbar.

Es wurde festgestellt, daß es für das Zusammenwirken der motorischen Faktoren, die den Gang der Maschine beeinflussen, eine günstigste Beziehung gibt, bei welcher der Motor trotz guter Leistung am wenigsten durch die harte Verbrennung beansprucht wird, und daß sich diese Beziehung mit Hilfe der elektroakustischen Methode leicht bestimmen läßt.

Bei der vergleichenden Untersuchung einiger charakteristischer Vertreter der heutigen Diesellole wurde gefunden, daß man anhand einer Kurve, welche den Mittelwert des Verbrennungsgeräusches in Abhängigkeit von der Verdichtung bei festem Einspritzbeginn zeigt, eine gute Bewertung der Öle hinsichtlich ihrer Laufeigenschaften vornehmen kann. Es wurde gezeigt, daß eine Bewertung nach einer "Einpunktumethode" unter gewissen Bedingungen wohl möglich ist, aber wegen der Vielzahl der Einflüsse, denen das Verbrennungsgeräusch unterliegt, zu Ungenauigkeiten führen kann.

Die bei diesen Versuchen gefundene charakteristische Geräuschkurve besitzt zwei Umkehrpunkte und zwar einen Höchst- und einen Mindestwert. Es zeigte sich, daß weniger die absoluten Geräuschwerte dieser Umkehrpunkte als besonders ihre Lage für die Gesamtbeurteilung eines Dieselloles wichtig ist. Da diese Lage der Umkehrpunkte und der Verlauf der ganzen Kurve auch von dem Zündverhalten des Kraftstoffes abhängig sind, kann man annehmen, daß es nach Verfeinerung der Aufnahmetechnik möglich sein wird, die Bewertung eines Dieselloles ohne die Kenntnis des Zündver-

zuges durch

Die Anwen-  
zylinder-Ge

hänge zwisc  
erweitern.

suchungswei

gesamten

einzelnen Z

Einregulier

Wege zeigen

chen Lauf d

stellen, we

Frage komme

Verbrennung

POOR  
COPY

6

POO  
COP

08307

- 73 -

zuges durchzuführen.

Die Anwendung der elektroakustischen Klopfmeßmethode an Mehrzylinder-Gebrauchsdieselmotoren wird die Kenntnis der Zusammenhänge zwischen dem Dieselöl und dem Lauf des Motors bedeutend erweitern. Der besondere Vorzug der elektroakustischen Untersuchungsweise, welche es erlaubt, nicht nur das Verhalten des gesamten Motors zu bestimmen, sondern auch die Geräusche jedes einzelnen Zylinders festzustellen und zu messen, wird für die Einregulierung, und damit die Ausnutzung des Motors ganz neue Wege zeigen. Indem es so möglich wird, jeweils den für den weichen Lauf des Motors günstigsten Punkt zu bestimmen und einzustellen, werden dann für den Betrieb auch solche Dieselöle in Frage kommen, deren Ausnutzung bisher wegen ihrer schlechten Verbrennungseigenschaften nicht möglich war.

## Literaturang

1.) W. Linčne

2.) A. W. Schm

3.) T. B. Metz

4.) H. Ernst

5.) A. W. Schm

6.) A. Schmid

7.) W. Wilke

8.) A. W. Schm  
F. Kneule

9.) F. Kneule

10.) F. Kneule

11.) F. Jants

POOR  
COPY

6

POO  
COP