

FE ①

Bericht über den Erfahrungsaustausch über Untersuchung
von Fliegerbenzinen in Ludwigshafen am 10.6.1941.

Anwesend:

Dr. Schönfelder, Dr. Salzer	von Scholven
Dr. Montfort	von Pölitz
Dr. Ibing	von Welheim
Dr. Rudolph	von Gelsenberg
Jordan, Dr. Kurz, Dr. Richter	von Blechhammer
Dr. Bernzött	von Leuna
Dr. Müller, Dr. Klein (zeitweise)	von Oppau
Dr. Hirschberger, Dr. Schiffmann, Dr. Peters, Dr. Becker, Dr. Schei- ner, Dr. v. Finer, Dr. Fürst, Lajus	von Hochdruckversuche Ludwigshafen.

Dr. Hirschberger gibt die Ergebnisse eines vom Hochdruck-
labor Lu durchgeführten Ringversuches bekannt, der den Zweck
hatte, die Reproduzierbarkeit und die Streugrenzen der in den
BVM-Vorschriften vom Oktober 1940 vorgeschriebenen Methoden
zur Bestimmung der Olefine, Aromaten und Jodzahl, festzustellen.
(Die Ergebnisse sind in Anlage I zusammengestellt). Bei der Be-
sprechung der Versuchsergebnisse konnte folgendes festgestellt
werden:

1.) Bei der Bestimmung der Olefine und Aromaten werden von
mehreren Untersuchungsstellen die Vorschriften nicht genau ein-
gehalten. So wurden z.B. statt der vorgeschriebenen Schüttel-
gefäße nach Kattwinkel, Eggertzröhren verwendet, die Proben mit
der Schwefelsäure nicht wie vorgeschrieben 15 Minuten stark ge-
schüttelt, sondern in "Aromatenmühlen" geschüttelt, bei mehr
als 10% Aromaten nicht nochmals mit frischer Säure ausgeschüt-
telt usw.

2.) Die BVM-Vorschriften zur Bestimmung der Olefine ^{und} Aromaten sind zu allgemein und unpräzise abgefasst. Verschiedene Faktoren, die bekannterweise die Ergebnisse stark beeinflussen können, wie z.B. Temperaturhaltung, Art und Intensität des Schüttlers u.a.m., sind überhaupt nicht, oder nur ungenau festgelegt.

3.) Besonders stark streuende und z.T. um ein Vielfaches zu hohe Werte ergibt die Olefinbestimmung nach den BVM-Vorschriften. Da die Aromatengehalte durch Subtraktion aus der Summe Aromaten + Olefine errechnet werden, übertragen sich die Fehler bei der Olefinbestimmung auch auf die Aromaten. Es sollte daher überhaupt nur die Summe Aromaten + Olefine bestimmt werden.

4.) Die BVM-Methode gibt für die Summe Aromaten + Olefine im allgemeinen anscheinend zu hohe Werte, und zwar ist die Differenz zwischen gefundenen und tatsächlichen Aromatengehalt umso höher, je weniger Aromaten das Benzin enthält. (Vgl. hierzu Aromatengehalt nach Mattwinkel + Anilinpunktmethode bei Probe 1 und 3).

5.) Die Jodzahlen nach den BVM-Vorschriften streuen sehr stark und liegen im allgemeinen viel zu hoch.

Anschließend referiert Dr. Hirschberger über die Entwicklung und Ausführung der Aromatenbestimmung nach der Anilinpunktmethode im Hochdrucklabor. Das Versuchsmaterial und genaue Arbeitsvorschrift nach dieser Methode werden den Beteiligten überreicht. Zur nochmaligen genauen Überprüfung der beiden Analysenvorschriften zur Bestimmung des Aromatengehaltes von Benzinen wird noch ein Ringversuch mit zwei Modellmischungen beschlossen. Die Mischungen werden im Hochdrucklabor Lab. hergestellt und den Beteiligten übergeben. (Anlage II). Am 10.6.41 sollen in Berlin die Ergebnisse (Anlage II) verglichen und eine gemeinsame Stellungnahme zur Besprechung bei der DVL am 17.6.41 verabredet werden.

Herr Dr. Klein (Oppau) referiert über eine von ihm ausgearbeitete neue Methode zur Bestimmung der Jodzahl durch direkte Titration der Benzine mit Brom bei tiefen Temperaturen (-80°). An einigen Modellmischungen demonstriert Dr. Klein die Methode. Sie findet bei allen Beteiligten lebhaftes Interesse und es wird

der Vorschlag gemacht, vorausgesetzt die Zustimmung^{*)} der I.G., diese Methode anstelle der zur Zeit vorgeschriebenen Arbeitsweise nach Hanus, zur Aufnahme in die Bauvorschriften vorzuschlagen.

gez. Lajus

*) Die Zustimmung ist später vom analytischen Ausschuss der I.G. (Dr. Wurzschild) nicht gegeben worden, da die Methode noch nicht sorgfältig genug geprüft ist.

Ringversuch 1

Anlage I

Prüfstelle	Probe 1 - (VE 705)						Probe 2						Probe 3					
	Aromaten + Olefine		Aromaten		Olefine Gew./Vol.	Jodzahl	Aromaten + Olefine		Aromaten		Olefine Gew./Vol.	Jodzahl	Aromaten + Olefine		Aromaten		Olefine Gew./Vol.	Jodzahl
	Gew.%	Vol.%	Gew.%	Vol.%			Gew.%	Vol.%	Gew.%	Vol.%			Gew.%	Vol.%	Gew.%	Vol.%		
Leuna	19,7	-	19,7	-	0	1,8	66,2	-	65,9	-	0,3	5,6	47,7	-	45,7	-	0,2	4,0
Gelsenberg	18,5	17	17	16	1,5/1	1,6	67,5	61	64	58	3,5/ 3,0	5,1	41	39	39	37	2	3,1
	(11)		(10)						(63,5)						(37,5)			
Pöhlitz	14,7	12,5	13,7	11,5	1,0	1,8	65,5	60	60,5	55	5,0	5,3	42	37	39	34	3	3,5
			(10,5)						(65,3)						(39)			
Schölven	22,9	21,6	20,2	19,2	2,7/ 2,4	2,4	70,1	65,6	58,3	54,8	11,8/ 10,8	8,7	47,4	44	40	37,2	7,3/ 6,8	6,6
DVL	-	15,5	-	15,5	0	2,5	-	66	-	62,6	3,4	7,8	-	43	-	39,7	3,3	5,6
Rechlin	13,0	11,9	-	-	-	1,3	63,8	59	-	-	-	4,3	38,8	35	-	-	-	4,2
Welheim	19	18	15	14	4	3,0	70	65	50,7	47	19,3/ 18	7,7	47	43	30,5	28,3	16,5/ 14,7	4,5
Anal.Labor.Oppau	14	13	11	10	4/3	1,8	66	61	50	46	16/ 15	4,7	41	36	25	22	16/ 14	3,8
Hochdruck-Labor. Lu	(10)	(8,5)	(9,5)	(8)	0,5	1,9	(67)	-	(65)	(59,5)	2	6,0	(39,5)	-	(38)	(33,5)	1,5	4,4

Die eingeklammerten Zahlen sind nach der Anilinpunktmethode bestimmt,
die übrigen nach der BVM-Vorschrift.

Ringversuch 2

Anlage II

	Probe I						Probe II					
	Anilin-punkt I	Anilin-punkt II	Aromaten Gew. %				Anilin-punkt I	Anilin-punkt II	Aromaten Gew. %			
			Ap-Methode	BVM-Methode	Fehl-er	gefunden			Ap-Methode	BVM-Methode	gefunden	
											Fehl-er	gefunden
Leuna	-1,8	+63,2	60,5	0	-	+41,6	+59,2	20,5	+0,5	-	-	
Geisenberg	-	-	60,0	-0,5	+1,6	-	-	-	-	25,1	+5,1	
Schölvén	-2,8	+63,0	60,8	+0,3	+5,0	+41,5	+60,0	21,5 ^x	+1,5	22,5	+2,5	
Weiheim	-3,0	+62,7	61,0	+0,5	2,5	+41,3	+59,8	21,5 ^x	+1,5	24,0	+4,0	
Pulitz	+1,6	+60,4	60,0	-0,5	+1,5	+41,1	+59,1	21,0	+1,0	24,0	+4,0	
Analyt. Labor.	-3,5	+62,5	61	+0,5	+0,5	+41,7	-59,0	20,0	0	24,0	+4,0	
Oppau	-2,7	+62,2	60,3	-0,2	-	+41,9	+59,0	20,0	0	-	-	
Hochdruckvers. In												
Theoretische Zusammensetzung			60,5 Gew. % Aromatengemisch (20% Benzol + 41% Toluol + 27% Xylol + 3% Äthylbenzol + 9% höhere Aromaten)				20 Gew. % Aromatengemisch wie in Probe I					
			+39,5 Gew. % Aromaten				+80 Gew. % Normalbenzin v. Kahlbaum.					

z) Bemerkung: Bei diesen beiden Bestimmungen ist anzunehmen, dass bei der Bestimmung des Anilinpunktes II gewisse Mengen an leichtsiedenden Anteilen des Restbenzins (Normalbenzins) verloren gegangen sind und der Anilinpunkt II daher etwas zu hoch bestimmt wurde. (Siedegrenzen des Restbenzins hier 60 - 90°, Anilinpunkt II ca. 59 - 60°).

Hochdruck

Lb. 558.

Einschreiben!

TA/TPr.Op.471 Wi. 10. Januar 1941 Gr.

Klopfrenz-Kurven.

In einer besonderen Versuchsreihe wurde nochmals die Klopfrenzkurven für folgende 3 Kraftstoffe bei einer Verdichtung von 1:6,5 und 130° Ladelufttemperatur aufgenommen und miteinander verglichen:

- 1.) Probe 4075 H
- 2.) Probe VT 706
- 3.) Probe VT 706 b (Probe 4406)

Diese Kraftstoffe wurden ferner mit 20% ET 110 verdünnt und ihr Klopfverhalten bestimmt. Die Ergebnisse gibt Blatt TPr.S.947 wieder. Am günstigsten verhält sich wieder das 4075 H; VT 706 und VT 706 b unterscheiden sich nicht wesentlich, allerdings kommt VT 706 b an VT 706 nicht heran. (Vgl. Schreiben vom 3.1.1941) Ein Vergleich mit den damals gefundenen Werten ist nicht ohne weiteres möglich, da die Untersuchungsbedingungen etwas geändert wurden. Der Druck der Anblaseluft wurde von 200 mm Ws. auf 350 mm erhöht. Ausserdem wurde ein neuer Kolben und eine neue Zylinderbüchse bei diesen Versuchen verwendet. Die Erhöhung des Anblasedrucks hat sich insofern ausgewirkt, als die Klopfrenzkurven jetzt etwa 1 - 1,5 at höher liegen und damit besser an die DVL-Messungen herankommen.

Die gleichen Reihenfolge wie für die unvermischten Kraftstoffe ergibt sich für die Mischungen mit ET 110. Es ist also möglich, mit 4075 H einen besseren C₂-Kraftstoff zu machen, als mit VT 706.

Auf Blatt TPr.S.948 sind die Klopfrenzkurven folgender Kraftstoffproben mit einem C₂ aus 4075 H und VT 706 verglichen:

- 1.) 4389 H + 20% ET 110 (DHD-Benzin der Brabag.)
- 2.) 4390 H + 20% ET 110 (DHD-Benzin + Leichtbenzin von Scholven)
- 3.) 4424 H + 20% ET 110 (61 T. 4366 H + 99 T. VT 705)
- 4.) 4440 H (80 Vol.-% 4301 H + 20 Vol.-% ET.110)

Sehr ungünstig verhalten sich die Proben 4389 H und 4390 H, ein BHD-Si von der Erabag (40% Aromaten) und ein BHD-Si, das mit Scholvener Leichtöl. verdünnt wurde.

Nähe an das C_2 aus 80 Vol.% VT 706 und 20 Vol.% ET 110 herankommen die beiden Proben 4421 H und 4440 H, im fetten Gebiet liegen die sogar etwas günstiger. Sie könnten demnach gut zur Schaffung eines C_2 herangezogen werden

TECHNISCHER PRÜFSTAND OPPAU

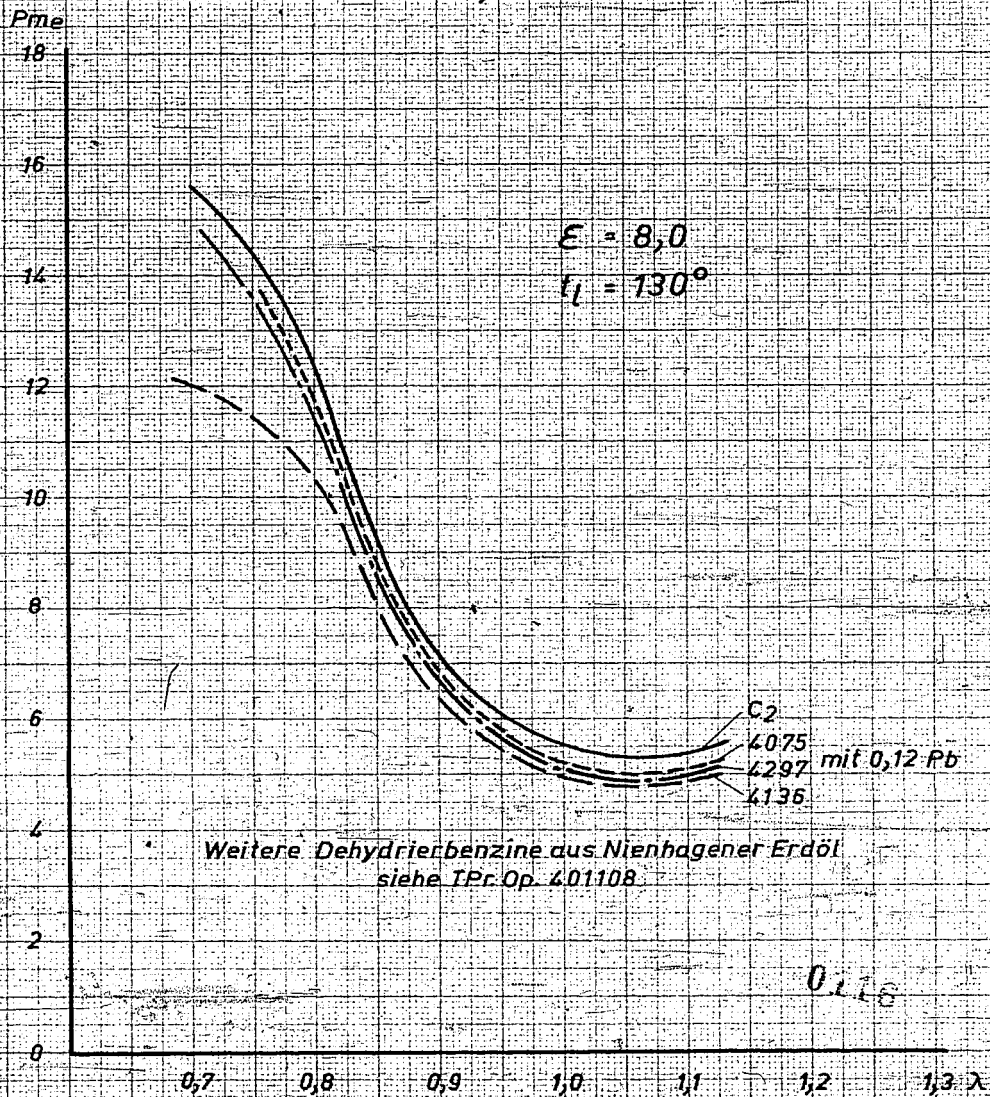
gez. Wilke

Anlagen :

2 Schaublätter TPr.S.947/948.

Klopfgrenzkurven von Dehydrierbenzinen aus Steinkohle, Braunkohle und Erdöl.

- C2 Vers. Nr. 328 (als Vergleichskraftstoff)
- - - - - 4075 Vers. Nr. 329 (aus Steinkohlenverflüssigung)
- - - - - 4136 Vers. Nr. 330 (aus Nienhagener Erdöl bei 20at dehydriert bis 165° redestilliert)
- · - · - 4297 Vers. Nr. 331 (aus Braunkohle Leuna Vorhydrierung dehydriert auf 50 Vol. % Aromaten)



Klopfgrenzkurven.

— C₂ Vers. Nr. 332 (als Vergleichskraftstoff)
- - - 4342 H Vers. Nr. 336 (Dehydrierbenzin Leuna)

P_{me}

18

16

14

12

10

8

6

4

2

0

$E = 8,0$

$t_1 = 130^\circ$

4342H

C₂

0,7

0,8

0,9

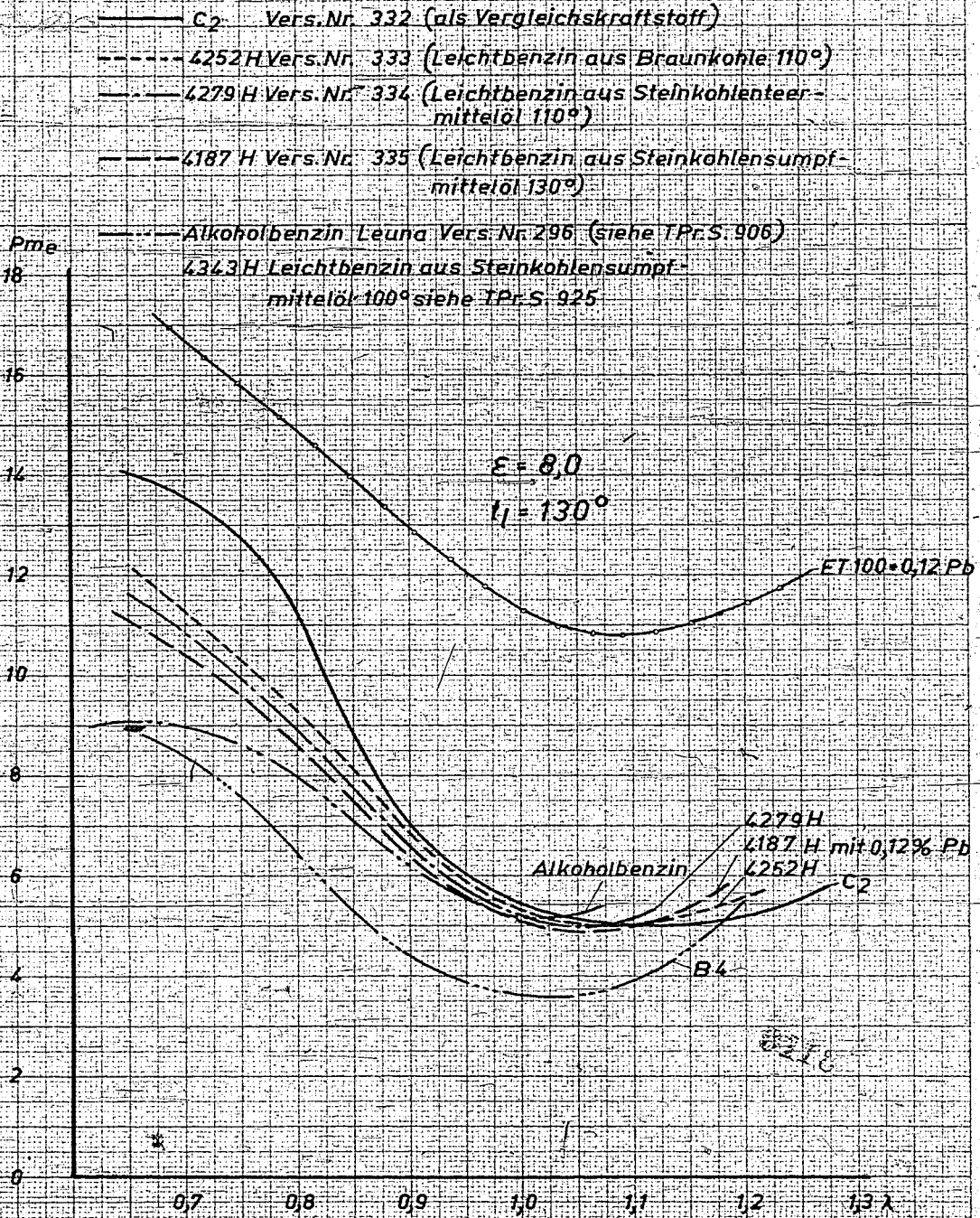
1,0

1,1

1,2

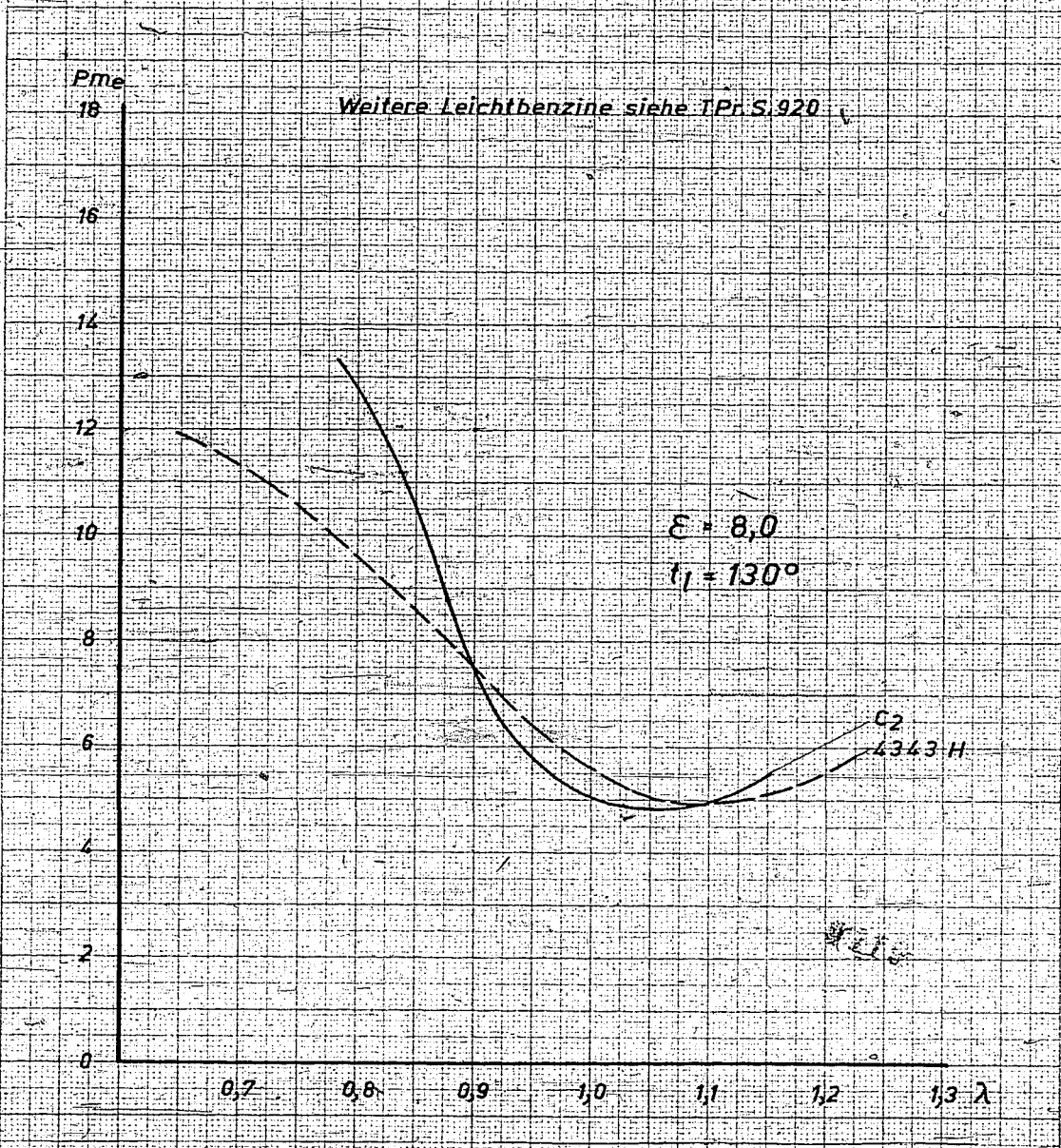
1,3-2

Klopfgrenzkurven von Leichtbenzinen.



Klopfgrenzkurven.

- C2 Vers. Nr. 341 (als Vergleichskraftstoff)
- - - 4343 H Vers. Nr. 342 (Leichtbenzin aus Steinkohlensumpfmittelöl bis 100°)

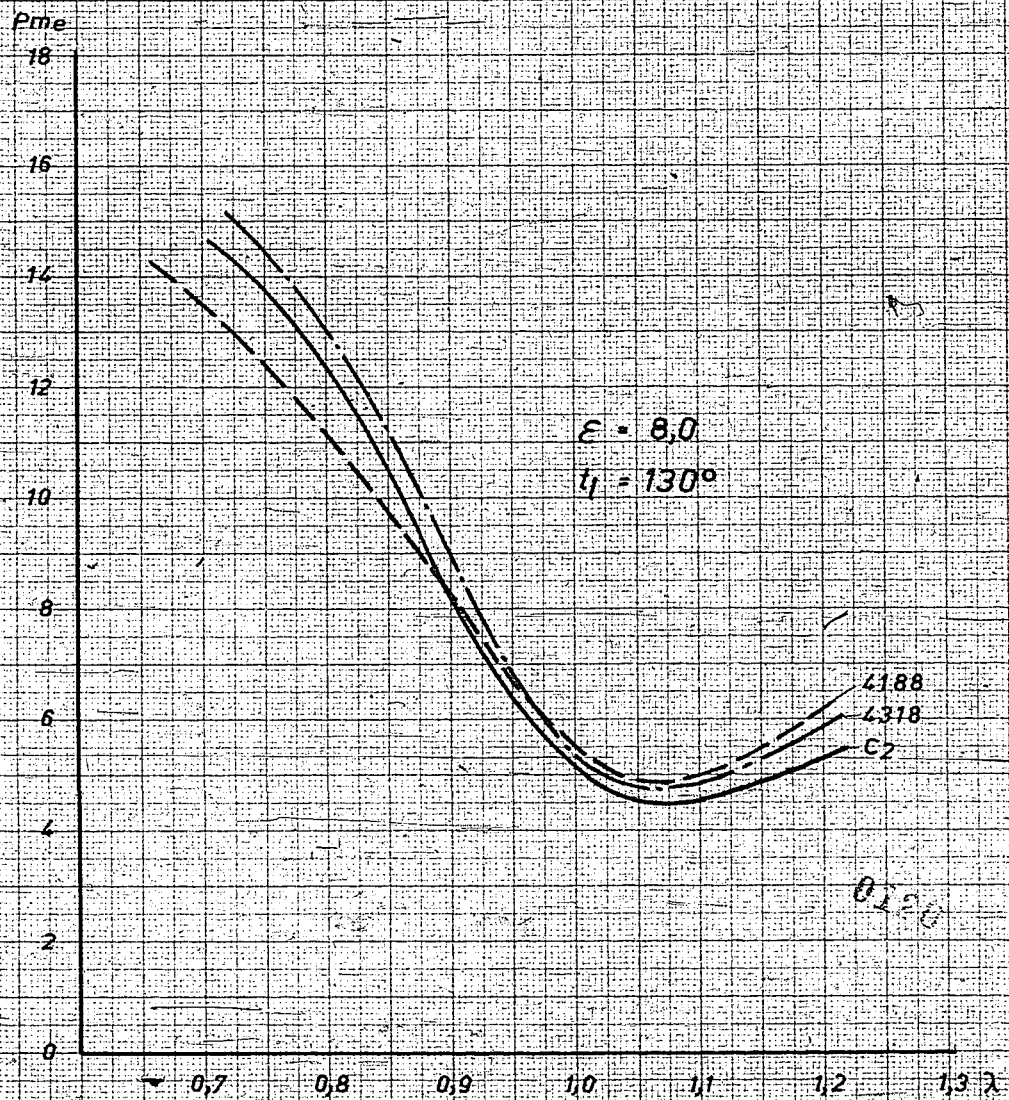


Klopfgrenzkurven Mischungen aus Dehydrier- und Leichtbenzinen.

— C2 Vers. Nr. 338 (als Vergleichskraftstoff)

- - - 4188 Vers. Nr. 339 aus 80% 4075H (DHD B1) +
20% 4187 (Leichtbi)

· · · 4318 Vers. Nr. 340 aus 80% 4075H (DHD B1) +
20% 4279H (Leichtbi)



Klopfgrenzkurven.

— C2 Vers. Nr. 325 (als Vergleichskraftstoff)

- - - 4254 Vers. Nr. 326 5058 Abstreifer Leuna

über 90° dehydriert + Leichtbenzin bis 90°
redestilliert bis 165°

Pme

18

16

14

12

10

8

6

4

2

0

$E = 8,0$

$t_1 = 130^\circ$

4254

C2

0,7

0,8

0,9

1,0

1,1

1,2

1,3 λ

Klopfgrenzkurven.

— C₂ Vers. Nr. 332 (als Vergleichskraftstoff)
- - - 4306 H Vers. Nr. 337 (Benzinprobe Spandau)

P_{me}

18

16

14

12

10

8

6

4

2

0

$\epsilon = 8,0$

$t_f = 130^\circ$

4306 H

C₂

0232

0,7

0,8

0,9

1,0

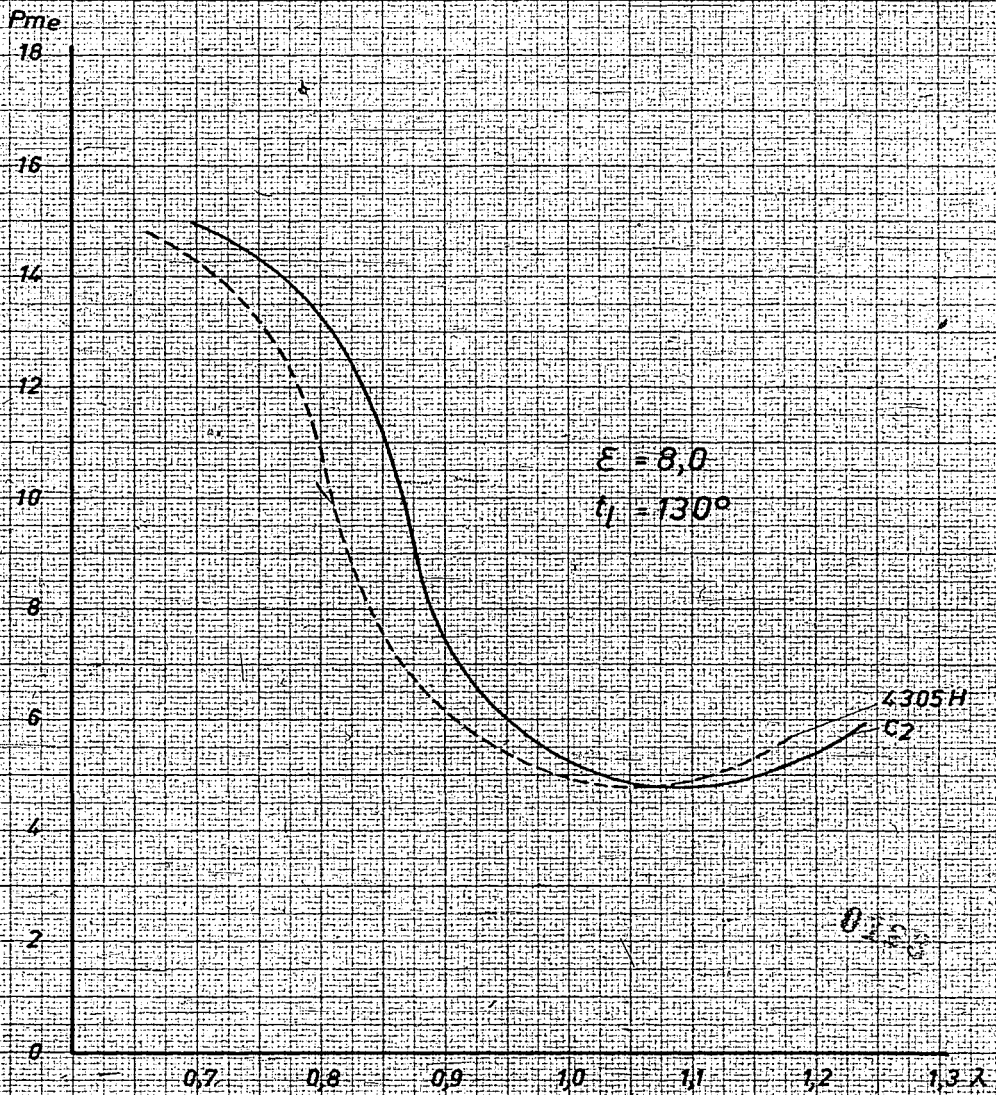
1,1

1,2

1,3

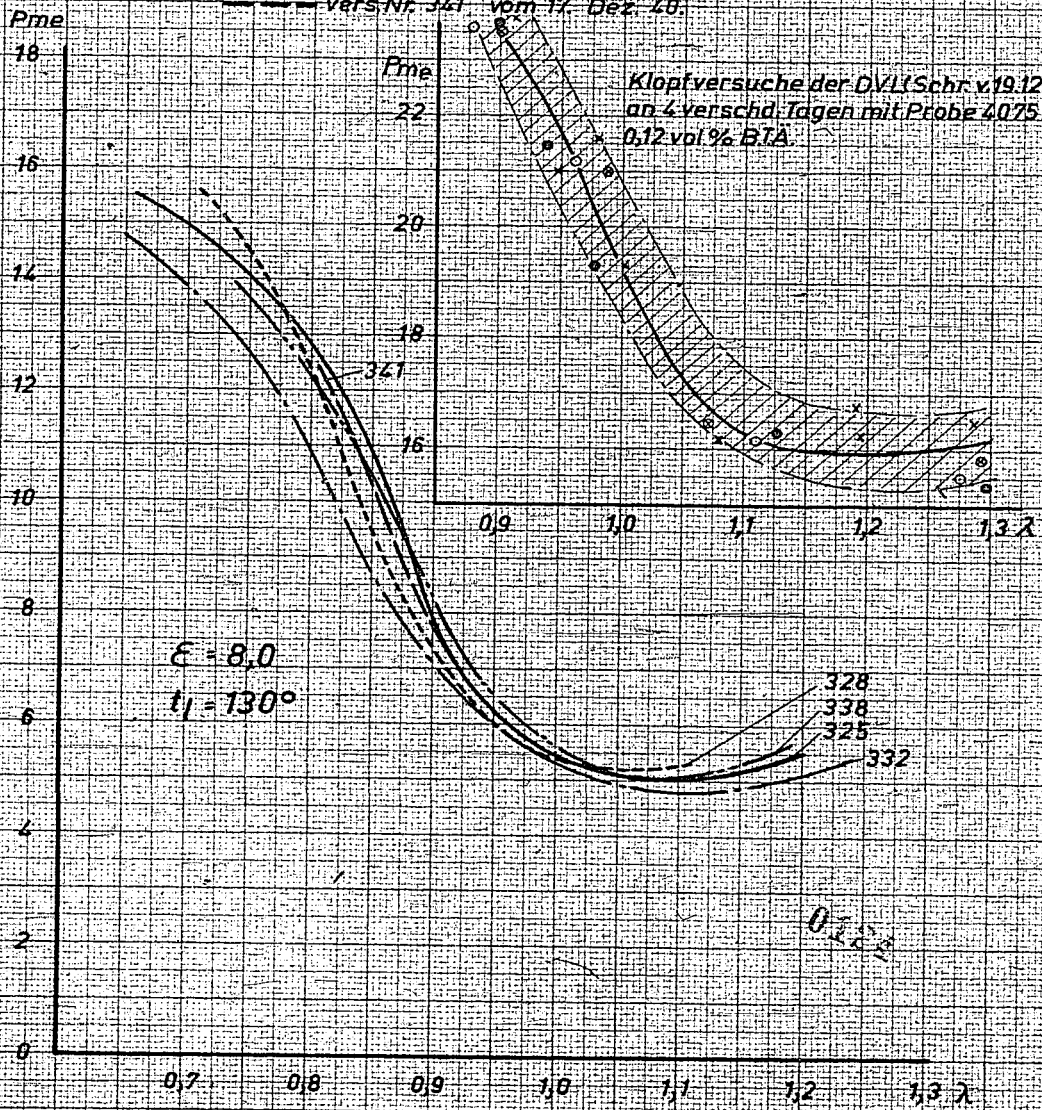
Klopfgrenzkurven

— C₂ — Vers. Nr. 325 (als Vergleichskraftstoff)
- - - - 4305 H Vers. Nr. 327 (aus CV2b raffiniert)



Klopfgrenzkurven von C₂ aus 5 Klopfversuchen.

- Vers. Nr. 325 vom 10. Dez. 40.
- - - Vers. Nr. 328 vom 11. Dez. 40.
- · - · Vers. Nr. 332 vom 12. Dez. 40.
- · - · - Vers. Nr. 338 vom 14. Dez. 40.
- - - Vers. Nr. 341 vom 17. Dez. 40.



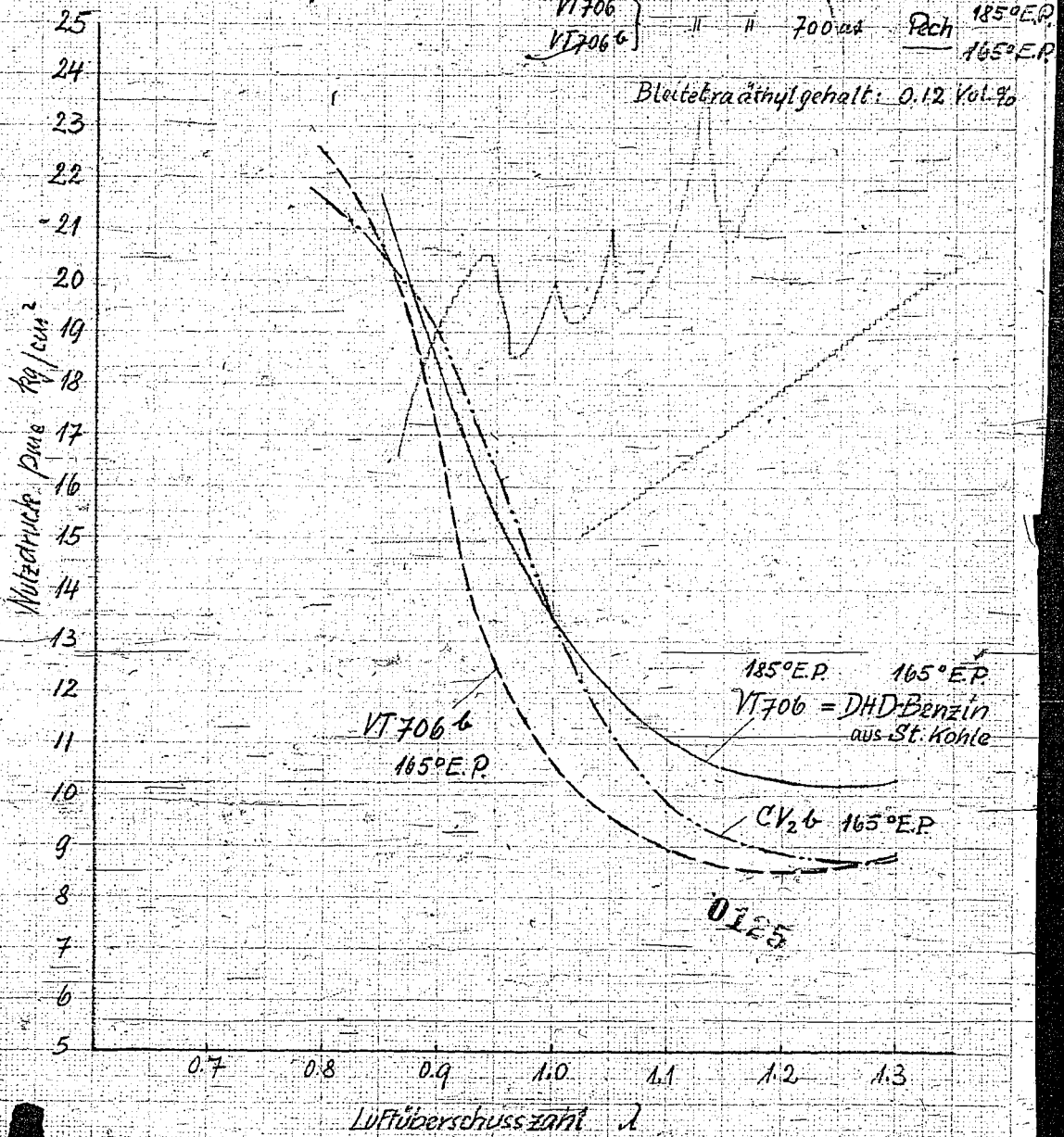
Vergleich der Klopfgrenzkurven von Aromatisierungs-
u. DHD-Benzin.

Klopfgrenzkurven am BMW 132 N (DHL-Versuche)
 $\epsilon = 6.5$; $t_L = 130^\circ$

$CV_2,6$: Aromatisierung 300 at St. Kohle

VT706 }
VT706 } // // 700 at Pech 185° E.P.
165° E.P.

Bleitetraäthylgehalt: 0.12 Vol-%



(3)

Zurück an
Vorzimmer Dir. Dr. Hei

Bemerkungen zum Referat Promberg über die Berechnung
der Überladekurven.

1) Bei Abschnitt I wird die Frage aufgeworfen: "Ergibt sich auch der Verlauf der Überladekurven bei grosser Ventilüberschneidung aus der Rechnung?"

2) Die Berechnung der Überladekurven aus dem Aromatengehalt und der Oktanzahl des Restbenzins ist eine arithmetische Erfassung von Erfahrungswerten (gemessene Überladekurven). Bei jeder geringen Abänderung des Überladeverfahrens muss nach Vorliegen einer genügenden Anzahl von gemessenen Überladekurven der verschiedensten Kraftstoffe ein neues Rechenverfahren ausgearbeitet werden.

3) Zur Berechnung der Überladekurve ist eine Analyse und die Oktanzahl des Restbenzins notwendig. Das Verfahren ist also langwieriger und teurer als die direkte Bestimmung der Überladekurve im Motor.

4) Die Aromaten unterscheiden sich untereinander sowohl in ihrem Überladeverhalten als auch in ihren Mischwerte wesentlich. Diese Unterschiede werden bei der Rechnung nicht berücksichtigt, während sie bei den Überladeversuchen deutlich in Erscheinung treten.

5) Dass sich die Aromaten in ihrem Überladeverhalten beträchtlich unterscheiden, wurde zuerst versuchsmässig und nicht rechnerisch gefunden.

6) Werden zwei Kraftstoffe im Überlademotor unmittelbar hintereinander untersucht, so weisen die gemessenen Überladekurven einen geringeren Fehler auf als die errechneten. Man darf hier nicht den Fehler zu Grunde legen, der sich beim Vergleich von Kurven ergibt, die an verschiedenen Prüfständen, von verschiedenen Beobachtern, an verschiedenen Tagen gemessen wurden. Diese Fehlergrenze ist um ein Mehrfaches grösser als die erstere.

gez. Dehm

12.7.41

0126

Zum Vortrag Prommerz 16.6.1941 DVL

10.6.41

Zurück an
Vorzimmer Dir. Dr. Piér

Es müsste meiner Ansicht nach mehr über die Berechnung der Überladekurven ~~aus~~ dem unter I geschilderten Verfahren gebracht werden, z.B. Einfluss von Bleisatz, Einfluss von Zündung, Einfluss der Ventilüberschneidung, wodurch niedrigere Anfangstemperatur erreicht wird und nach den praktischen Versuchen der Verlauf der Überladekurven grundlegend geändert wird. Ausserdem könnte z.B. geprüft werden ob man durch Berechnung der Kompressions- und Verbrennungstemperatur bei geteilter Einspritzung rechnerisch erfassen kann, wie sich dadurch die Überladekurven aromatenhaltiger Kraftstoffe ändern.

Der Hauptteil II, der über die Berechnung der Überladekurven nach der Oktanzahl des Restbenzins unter Zugrundelegung einer Einheitskurve für die Aromaten handelt, sagt praktisch aus, dass man die Oktanzahl des Restbenzins als Maß für die Änderung der Überladekurven annehmen kann. Dass dies für ähnliche Benzine wie unsere Aromatisierungsbenzine gilt, ist bekannt und für den Kreis, in dem der Vortrag gehalten wird, etwas primitiv. Es ist nichts Prinzipielles sondern eine meist bekannte Faustregel, bei der man ausserdem verschiedene Korrekturen anbringen muss, je nach Art der Aromaten und Zusammensetzung der Restbenzine.

Zu II, 4). Dass Diäthylbenzol, Propylbenzol u.s.w. besser sind als Toluol, Xylol usw., wurde nicht auf Grund der geschilderten Überlegungen geschlossen, sondern erst praktisch am Motor festgestellt.

gez. Raichle

0764

0127

Bemerkungen zu dem Vortragsentwurf
von Herrn Dr. Fromherz.

Zu I. „Zur theoretischen Deutung von Überladekurven“

- a) Es ist vielleicht zweckmäßig, darauf hinzuweisen, daß man die Überladekurven auch für andere Kohlenwasserstoffe als Benzol und Isooktan berechnen kann, indem man die zur Berechnung nötigen Aktivierungsenergien der Selbstzündungsreaktion für Kohlenwasserstoffe wenigstens, näherungsweise, aus dem Unterschied zwischen der Res.- und Motoroktanzahl abschätzt.
- b) Es fehlt der Hinweis auf die Vereinfachungen, die bei der theoretischen Ableitung der Überladekurven gemacht wurden, nämlich
- 1) Gleichsetzung der Flammen- und Reaktionsgeschwindigkeit bei verschiedenen
 - 2) Vernachlässigung der Wärmeableitung
 - 3) Nur ungenaue Kenntnis des Druckeinflusses auf die Reaktion.

Ein wesentlicher Fortschritt in der theoretischen Berechnung der Überladekurven würde vor allem erreicht, wenn die Flammgeschwindigkeiten von verschiedenen Brennstoff-Luftgemischen in Abhängigkeit von gemessen würden. Man wäre dann vor allem in der Lage, genauer als bisher den Verlauf der Überladekurven im Brennstoffüberschußgebiet zu berechnen.

Zu II und III habe ich nichts zu bemerken.

gez. Nonnenmacher

0128

(4)

Geheim

Bericht über

die Kraftstoff-Besprechung im RLM vom 16.7.41.

Anwesend:	O'Stabsing. Mücklich	}	RLM
	Stabsing. Dr. Dehmlow		
	Dipl.-Ing. Keilpflug		
	Dr. List		
	Dipl.-Ing. Adam		
	Dr. Pier	}	I.G. Lu
	Dr. Becker		
	Dr. Oettinger		
	O'Ing. Raichle		
	Dr. Dehn		

C₃ - Qualität:

Herr Mücklich teilt mit, dass durch die Weiterentwicklung der Flugmotoren in den letzten Monaten das heute gelieferte C₃ hinsichtlich der Überladefähigkeit nur noch knapp den Anforderungen entspricht, und jede geringe Absenkung der Qualität zu Schwierigkeiten führen würde. Es soll daher an Stelle der bisherigen C₃ - Mindest-Qualität (Eich-C₃) „80 Vol.-% CV₂b - RLM + 10 Vol.-% Isooktan H + 10 Vol.-% Alkoholbenzin + 0,12 % BTA“ künftig als Eich-C₃ das Gemisch „80 Vol.-% CV₂b - RLM + 20 Vol.-% ET 110 + 0,12 % B.T.A. verwendet werden, wobei der Aromatengehalt mindestens 40 Vol.-% betragen soll.

Herr Dr. Pier schlägt vor, in Zukunft für Eichkraftstoffe ein künstliches Aromatengemisch herzustellen und mit einem bestimmten Restbenzin zu versetzen, damit ^{immer} wieder auf die gleiche Qualität zurückgegriffen werden kann. Herr Mücklich teilt mit, dass er diesen Vorschlag aufgenommen habe und auch durchführen wolle.

Herr Mücklich führte dann weiterhin aus, dass bei Verwendung von DHD- und HF-Benzin an Stelle von CV₂b die C₃-Qualität besser würde. Diese Verbesserung der Überladefähigkeit will das RLM nach Möglichkeit nicht dazu verwenden, um den ET 110- bzw.

Alkylat-Zusatz zu verringern, sondern um den Bleigehalt herabzusetzen, da hierfür von Seiten der Motoren (Ventile) ein dringendes Bedürfnis besteht. Erst bei noch höheren Ansprüchen der Motoren an die Klopfestigkeit des Kraftstoffes soll wieder auf den ursprünglichen Bleigehalt von 0,12 % zurückgegangen werden. Dieser Kraftstoff wird dann in seiner Überladefähigkeit fast der C₂-Qualität entsprechen.

Lagerbeständigkeit von C₃:

Als schwierigstes Problem sieht Herr Mücklich z. Zt. die ungenügende Lagerbeständigkeit von C₃ an, da von der Front Beschwerden wegen zu hoher Earzteste einliefen. Wie Herr Dr. Dehmlow mitteilte, ergibt der Glasschalentest bereits 3 bis 4 Monate nach Ablieferung des Kraftstoffes von dem RLM-Lager Werte von 10 bis 30 mg. Davon seien etwa 25 bis 30 % Blei, der Rest Harz.

Leichtbenzin:

Bezüglich des Leichtbenzins führt Herr Mücklich aus, dass es keinen Ersatz von ET 100 darstelle, jedoch zur Verbesserung des Restbenzins von CV₂b verwendet werden solle. Herr Mücklich fragt an, ob das Gemisch 90 Vol.% CV₂b + 10 Vol.% Leichtbenzin dadurch, dass man auf einen höheren Aromatengehalt fahre, bereits von den Werken mit einem Aromatengehalt von 50 Vol.% geliefert werden könne, was jedoch von Herrn Dr. Pier verneint wird. Es ist daher vorgesehen, nach Zusatz von Leichtbenzin zu CV₂b den geforderten Aromatengehalt von 50 Vol.% durch Zusatz von Aromaten (zur Verfügung stehendes Benzol) wieder einzustellen. Diäthylbenzol soll nicht verwendet werden, da an dem Siedepunkt von 165° zunächst noch festgehalten werden muß. Jedoch kämen auch niedrig siedende Kybole in Frage.

Alkylate:

Nach Versuchen der DVL am BMW 132-Überlademotor soll das von Leuna gelieferte Alkylat aus ~~Butylen~~ Butylen bis 160° etwa dem ET 100 entsprechen. Für 4 verschiedene Alkylate ist der ungefähre Verlauf (geschätzt nach 2 Punkten) der Überladekurven in der beigehefteten Abbildung eingezeichnet. Die Reihenfolge der

0130

Bewertung ist folgende:

- 1) ET 100
- 2) Alkylat aus α - Butylen bis 160°
- 3) " " " " " 200°
- 4) " " Iso-Butylen bis 160°
- 5) " " " " " 200°

CV₂b-Produktion:

Die CV₂b-Produktion von Scholven, Pöhlitz und Gelsenberg zeigt hinsichtlich der Überladerfähigkeit keine wesentlichen Unterschiede; CV₂b - Gelsenberg liegt um etwa 0,5 at unter den anderen Kurven.

DVL-Verfahren mit aufgeteilter Einspritzung:

Bei der Besprechung der Möglichkeiten die Überladekurven der Aromatenkraftstoffe zu verflachen, weist Herr Mücklich darauf hin, daß man dies auf der einen Seite unter großen Opfern durch Kraftstoffzusätze zu erreichen sucht, während andererseits sich mit einfachen Mitteln, wie dem Verfahren der aufgeteilten Einspritzung, viel größere Effekte erzielen lassen. Das Bedauerliche sei jedoch, daß die serienmäßige Einführung dieses Verfahrens, selbst wenn sie noch so beschleunigt wird, etwa 2 Jahre dauere. Für bestimmte Motoren ist die Einführung bereits in Angriff genommen.

Ventilüberschneidung:

Auch die Anwendung einer hohen Ventilüberschneidung ermöglicht es, die Überladekurven flacher zu gestalten. Nach Ansicht von Herrn Mücklich kann die hohe Überschneidung nicht allgemein vorgeschrieben werden, da dies vom Verwendungszweck des Motors abhängt.

Thermische Beanspruchung der Motoren:

Da die Vorteile der Aromatenkraftstoffe ganz besonders bei gut gekühlten Motoren in Erscheinung treten und durch eine einzige heiße Stelle am Motor die Ansprüche des Motors an den Kraftstoff wesentlich in die Höhe geschraubt werden, drängt Herr Mücklich, wie er mitteilte, dauernd bei den Motorenleuten darauf, bei den Motoren gleichmäßigere und kühlere Betriebstemperaturen zu ermöglichen. Auch von der Ölseite aus gesehen, müssen niedrigere Temperaturen gefordert werden. So treten z.B. am 14 Zyl.-BMW-Motor Öltemperaturen bis zu 180° (!) auf, sodaß die Temperaturen an der Lagestellen bestimmt noch höher liegen. Derartige Zustände sind unhaltbar und müssen von der Motorenseite her gelöst werden.

Dauerlauf am DB 601 mit DHD-Benzin:

den Herr Mücklich hat den Bericht von DB - Untertürkheim über 100 Std.-Lauf im DB 601 mit 80 Vol.% DHD-Benzin aus Steinkohle (4075 E) + 20 Vol.% ET 110 erhalten, der ein sehr günstiges Bild ergab.

DVL - Tagung:

Herr Mücklich bittet, ihm von unseren neueren Arbeiten über Aromatenbestimmung, Jodzahl-Bestimmung und Berechnung von Überladekurven Berichte zuzusenden.

Bleitetraäthyl:

Herr Mücklich berichtet über Versuche, die durchgeführt wurden, um die bei den hohen Bleizusätzen (0,12 %) auftretenden motorischen Schwierigkeiten zu beheben. Um die Flüchtigkeit des Bleis zu erhöhen, wurde der Gehalt an Äthylendibromid von 35 Gew.% auf etwa 60 Gew.% erhöht. Überraschenderweise gingen dabei trotz gleichen Bleizusatzes zum Kraftstoff die Oktanzahlen zurück. Eine Erklärung hierfür ist noch nicht gefunden.

Englisches Fliegerbenzin:

Wie bei abgeschossenen englischen Flugzeugen festgestellt wurde, verwenden die Engländer als Hochleistungskraftstoff ein Benzin mit 0,03 % B.T.A., das etwa unserem früheren O₁ entspricht (50 Vol.% Borneobenzin + 50 Vol.% (Isoktan + Isopentan) + 0,03 % B.T.A.).

Russisches Fliegerbenzin:

Von den russischen Flugzeugen wird ein Kraftstoff mit der Grundoktanzahl 73 verwendet, der wohl aus Amerika stammt. Er wird mit 0,20 % B.T.A. (1) versetzt.

Eisnebelbildung:

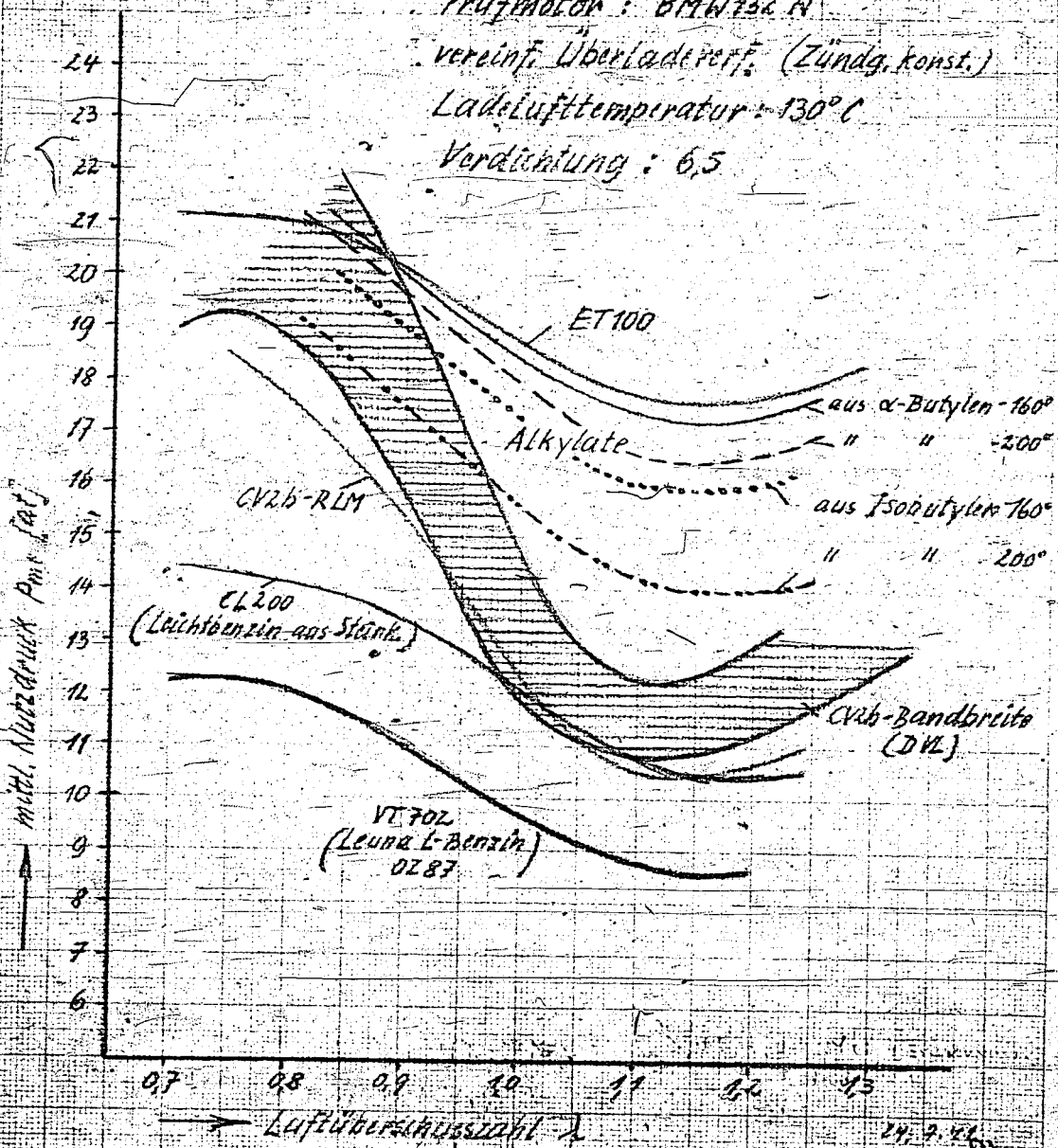
Die modernen Jäger streben immer größeren Höhen (15 km) zu, wo die Eisnebelbildung geringer wird und die Gefahr der Dampfblasenbildung zunimmt. Aus letzterem Grund muß der Kraftstoff evtl. unten weiter abgeschnitten werden.

gez. Dehn

Zum Beschr-Bericht RLM v. 16.7.44

Überladekurven von Alkylaten (geschätzt nach DVL-Versuchen)

Prüfmotor : BMW 132 H
vereinf. Überladeverf. (Zündg. konst.)
Ladelufttemperatur : 130°C
Verdichtung : 6,5



I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

DIN-Form A 27 1/2 15-202

0132

24.7.44

Geheim!

Hochdruckversuchs
Lu 558

1. Dies ist ein Staatsgeheimnis im Sinne des
§ 1 des BStGB, in der Fassung des Gesetzes
vom 21. 4. 31 (RGBl. I S. 841 ff.).
Die Weitergabe nur Geschloffenen, bei Verle-
dung als „Schriftverkehr“
Sonderbestimmung unter der Aufsicht des
Sonderbeauftragten für die Geheimhaltung

6. 2. 1942. Ia/Pf.

Akteprotokoll

Vorzimmer
Dir. Dr. Pior

Besuch bei BMW-Flugmotorenbau GmbH & Co., Berlin-Spandau
am 6. Februar 1942.

- | | | | |
|-----------|--|---|---------|
| Anwesend: | Bauaufsichtsleiter Oberstabsing. Wilde | } | RLM |
| | Dipl.-Ing. Klemmer | | |
| | Dipl.-Ing. Bethge | | |
| | Dipl.-Ing. Wadel | } | BMW |
| | Dr. Barneck | | |
| | Dr. Noack | | |
| | Dr. Dehn | } | I.G. Lu |
| | Lajus | | |

Zweck des Besuchs: Aussprache über eine Beanstandung von
BMW betr. Bleiausscheidung in CV₂b.

Zusammenfassung über die Aussprache:

Bei BMW - Spandau hatten bekanntlich Dauerläufe mit CV₂b
stets zu Kolbenring-Schwierigkeiten geführt, im Gegensatz zu den
Versuchsergebnissen des Techn. Prüfstandes Op und anderer Firmen,
z.B. BMW - München und Daimler-Benz. BMW - Spandau hat nun in der
Zeit vom 20. 11. bis 8. 12. 41 einen neuen 100-Stundenlauf mit CV₂b
im 323-R2-Motor unter abgeänderten Betriebsbedingungen (verringerte
Kraftstoffverbrauch, erhöhte Belastung, spätere Zündung und
gleiche Brennraumtemperatur wie bei B₄) durchgeführt. Dieser Ver-
suchsrunf verlief hinsichtlich des Ringsteckverhaltens einwandfrei
(vgl. Bericht BMW-Spandau vom 22. Januar 1942).

Nach 35 Stunden zeigten sich außergewöhnlich starke Glüh-
scheinungen an den Ventilböden und nach ca. 50 Stunden hat die
Kraftstoffzufuhr zum Motor infolge Verstopfung des Kraftstofffilters
(File-Filter) durch eine etwa 5 mm dicke Schlammschicht unter-
brochen. Nach Abkratzen des Belages von den Ventilböden und Reini-
gung des Filters ist der Probelauf ohne Störungen zu Ende geführt

worden.

Der Filteransatz (ca. 200 ccm einer grauen gallertartigen Masse) entstammte aus ca. 12 000 Ltr. CV₂b und ergab nach dem Trocknen 80 - 100 g eines grauen Pulvers, in dem nach Untersuchung vom BMW 39,6 % Blei gefunden werden.

Der Behälter, in dem das CV₂b lagert, ist ein unterirdischer zylindrischer Tank von 37-40 cbm Inhalt mit einer 200-400 Liter fassenden Vertiefung am Boden. Die Ansaugleitung befindet sich 25 - 40 cm über der tiefsten Stelle des Tankbodens. Während des Probelaufes wurde der Tankinhalt in sich umgewälzt und ein Teilstrom über das oben erwähnte Kraftstofffilter zum Motor geleitet. Eine Probe kann meist möglich nur aus der Leitung zum Motor, oder durch die Peilöffnung, die sich am Rande des Tanks befindet. Aus der Bodenvertiefung können Proben nur beim Reinigen des Tanks entnommen werden. Wann der Tank zuletzt gereinigt worden ist, konnte nicht einwandfrei festgestellt werden. Es muß jedoch angenommen werden, daß die letzte Reinigung mindestens 1 1/2 Jahre, möglicherweise noch wesentlich weiter zurückliegt. In dem Behälter soll seit etwa 2 Jahren stets verbleites CV₂b gelagert worden sein, wobei auf die im Tank vorhandenen Reste stets frisches Benzin hinzugefügt worden ist. Der Durchschnittsverbrauch in der letzten Zeit kann auf 1-2 Kesselwagen im Monat geschätzt werden.

Für den 100 Stundenlauf erhielt BMW am 4., 5. und 6. November 1941 von der Wifo (Betalag-Lager, Berlin-Spandau) je einen Kesselwagen verbleites CV₂b. Beim Hintanken wurden Proben aus dem Kesselwagen entnommen und im Laboratorium von BMW untersucht und folgende Werte gefunden:

Eingang	4.11.	5.11.	6.11.
Ansehen	Klar, blau	Klar, blau	Klar, blau
Spez. Gewicht bei 20°	0,807	0,809	0,807
Bleitetraethyl %	0,144	0,128	0,136
Abdampfriekstand	33,0 mg	16,0 mg	35 mg
Wasserdampf	—	11,29 %	—
Kohlenstoff	—	88,17 %	—
Heizwert	—	10 398	—

0130

In einer während des Probelaufes (nach ca. 50 Stunden) vor dem Kraftstofffilter entnommenen Probe wurden 0,14 % Bleitetraäthyl gefunden, nach dem Probelauf wurde eine neue Probe entnommen, in der 0,16 % Bleitetraäthyl gefunden wurden.

Mitte Januar wurde durch die Saugleitung aus demselben Tank eine Probe entnommen und zur DVL zur Untersuchung geschickt. Die DVL fand:

Spezifisches Gewicht bei 20°	0,799
Bleitetraäthyl	0,128 % (Jodverfahren)
Brechungsindex	1,4476
Oktanzahl Motor Meth.	87,4.

Eine 1 Ltr.-Probe des Benzins aus der Saugleitung und 1 Probe des Schlammes vom Filter wurde zur Untersuchung nach Lu mitgenommen. Es wurde den Herren von BMW geraten, den Tank vor Aufnahme neuer GV₂-Mengen gründlich reinigen zu lassen, um durch den evtl. am Tankboden befindlichen Schlamm nicht das neuhinzukommende Benzin zu infizieren. Für ausführlichere Untersuchungen erhalten Hochdruckversuche eine 30-Liter-Probe von der Benzinoberfläche (durch die Feilöffnung zu entnehmen) und eine bei der Reinigung des Tanks aus der Bodenvertiefung zu entnehmenden Probe von ca. 10 Liter.

Es war nicht möglich, an Ort und Stelle festzustellen, ob der Bleischlamm aus der letzten GV₂-Partie (die obenerwähnten Kesselwagen) stammt, oder sich im Laufe der Zeit am Tankboden zu so einer Menge angesammelt hat, daß er nun durch das Pumpenrohr angesaugt wird. Die Untersuchung der Proben soll Aufschluß über diese Frage geben.

Wir erhielten von BMW einen Durchschlag des dem RLM abgegebenen Berichtes vom 22.1.42 über den 100-Stundenlauf mit GV₂, der dieser Aktennotiz beigelegt ist.

Die 1-Literprobe ist von uns inzwischen untersucht worden. Die Untersuchungsergebnisse sind in der Anlage beigelegt. Die Analyse, insbesondere das spezifische Gewicht und der Aromatengehalt, zeigen, daß die untersuchte Probe kein unvermisches GV₂, wie es nach den Eingangsanalysen der BMW eingetankt wurde, ist.

0137

Es kann sich also nur um eine unbeabsichtigte Vermischung von OV_2 mit irgendwelchen Resten eines unbekanntes Benzins, von offenbar schlechter Qualität, handeln. Unter diesen Umständen muß angenommen werden, daß auch die Bleiauscheidungen, die zur Verstopfung des Kraftstofffilters führten, dem zugemischten Benzinrest entstammen. Nach Erhalt der angekündigten 30-Literprobe wird eine eingehendere Untersuchung ausgeführt werden.

gez. Lajus

Dehn

Anlage.

0138

Anlage

Untersuchung der beanstandeten CV₂b-Probe
von BMW - Berlin-Spandau vom 5.2.42.

Aussehen		Klar, blau
Spezifisches Gewicht bei 15°		0,788
Anilinpunkt I		+ 10,5°
" II		+ 50,9°
Dampfdruck		0,328
Brechungsindex		1,4403
Verdampfungsrückstand		7,6/2,9 mg
Oktanzahl Motor-Methode		69,0
Eleitetetraethyl, gesamt		0,122 Vol.-%
davon zersetzt, gelbstes		0,019 Vol.-%
" " ausgeschiedenes		0
" " unzersetzt		0,103 Vol.-%
Aromaten Vol.-%		38,0
Zusammensetzung Gew. %		
Paraffine		21,0
Naphthene		35,5
Aromaten		42,0
Olefine		1,5
Siedebeginn		51°
bis 70°		4 %
bis 100°		36 %
bis 120°		63 %
bis 150°		92 %
Endpunkt		165°/98 %

0133

Hochdruckversuch
Nr. 558

Dr. ...

6

Zurück zur
Veränderung der ...

Ordnung der ...

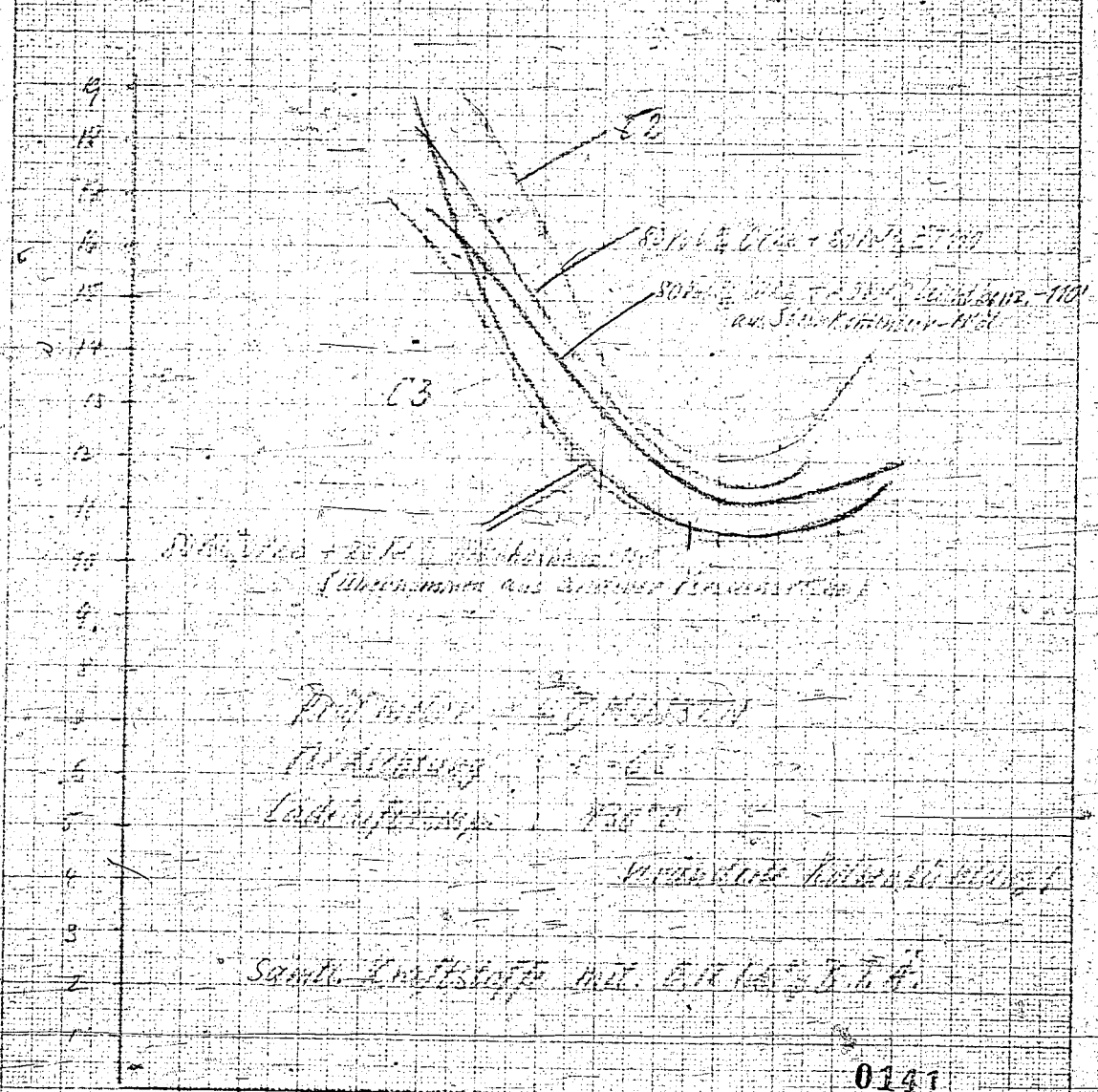
		Basismeth.		Vormeth.	
		ohne Blei	+0,12 Blei	ohne Blei	+0,12 Blei
4220 #	Leichtbenzin - bis 110°C aus Steinkohlverflüssigung	82	96	77	93
4279 #	Leichtbenzin bis 110°C aus Steinkohlverflüssigung	83	98	78	92,5
4252 #	Leichtbenzin bis 110°C aus Braunkohlverflüssigung				92,5
4350 #	Alkoholverflüssigung bis 110°C			78	92

Anlage: 1 Kurvensatz

014

48

Prozess zur Erzielung der besten Färbung (Klein)
(Anwendung des Tinkals)



Dunkelviolett + 20% Tinkal
 Übernehmen aus anderer Prozedur

Prozedur
 Anwendung
 Ladung

Vorbereitung

Sonder-Einstellung mit 10% Tinkal

0141

181061

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
 Ludwigshafen a. Rhein.

Beurteilung der Klopfgrenzkurven von

Benzenbenzinmischungen im Schreiben der DVL vom 3. Febr. 1941

(Nr. 1378).

I. Einleitung.

Klopfgrenzkurven folgender Kraftstoffe wurden von der DVL im Schreiben vom 3. Februar 1941 (Nr. 1378) mitgeteilt:

- 1.) 30 Vol.-% CV₂b + 0,091 % Pb
+ 20 Vol.-% 4446 H (Alkoholbi - 110°) + 0,12 % Pb ;
alkoholbi (-110) hat O.Z. 78, + 0,12% Pb 99
- 2.) 4445 H (80 % DHD 40,75 + 20 % Alkoholbi - 110°) + 0,12 % Pb
- 3.) CV₂b + 0,091 % Pb

Die Klopfgrenzkurven aller Mischungen liegen unerwartet und ganz unverhältnismäßig schlecht und sollen daher im Folgenden überprüft werden.

II. Vorausberechnung der Klopfgrenzkurven der obigen Mischungen.

Nach der im Bericht vom 9.1.1941 niedergelegten Methode wurden die Lagen der Klopfgrenzkurven für das Kompressionsverhältnis $\epsilon = 6,5$, Ladelufttemperatur 130° bei $\lambda = 0,8$ und $1,2$ (p_{max} (max. und p_{min} (Min.)) aus Oktanzahl des Restbenzins/aus Aromatengehalt unter Berücksichtigung des Pb-Gehaltes berechnet.

18765

142

Mischung 3. Für ein durchschnittliches $CV_{2b} + 0,12 \text{ Pb}$ liegt:

$p_{me} \text{ (max.)}$ bei 21-21,5 at
 $p_{me} \text{ (min.)}$ " 9 at

Die Bandbreite beträgt (vgl. Schreiben der DVL vom 18.11.40; Nr. 1210) für:

$p_{me} \text{ (max.)}$ 18,6-23,4 at
 $p_{me} \text{ (min.)}$ 8,7- 9,5 at

Der Unterschied von 0,12 % Pb gegen 0,091 % Pb beträgt nach einer Prüfmessung der DVL vom 10.11.1939 (Schreiben von Dr. Altpeter vom 27.11.39): Für $p_{me} \text{ (max.)}$ + 1,2 at, für $p_{me} \text{ (min.)}$ + 1 at.

Diese gleiche Differenz ergibt sich auch aus der Figur 1 meines oben erwähnten Berichtes vom 19.1.41, wenn man berücksichtigt, daß die Zugabe von 0,12 % Pb statt 0,091 % Pb etwa 4 Einheiten in der Oktanzahl (M.M.) ausmacht.

Daraus erfolgt für ein durchschnittliches $CV_{2b} + 0,091 \text{ % Pb}$:

$p_{me} \text{ (max.)} = 20 \text{ at}$
 $p_{me} \text{ (min.)} = 8 \text{ at}$

Für die Bandbreite des $CV_{2b} + 0,091 \text{ % Pb}$:

$p_{me} \text{ (max.)} = 17,4-22,2 \text{ at}$
 $p_{me} \text{ (min.)} = 7,7- 8,5 "$

Dagegen soll die Mischung 3 nach dem neuen ~~SK~~ DVL-Bericht haben:

$p_{me} \text{ (max.)} = 19,1 \text{ at}$
 $p_{me} \text{ (min.)} = 7,5 \text{ at}$

Die Klopfgrenzkurve der Mischung 3 würde also, wenn sie richtig wäre, unter der des schlechtest bekannten CV_{2b} -Kraftstoffes liegen.

Wenn die naheliegende Vermutung richtig ist, daß der geprüfte Kraftstoff mindestens ein durchschnittlicher CV_{2b} -Kraftstoff war, wurde also bei der DVL $p_{me} \text{ (max.)}$ um mindestens 1 at, und $p_{me} \text{ (min.)}$ um mindestens 0,5 at zu niedrig gemessen.

Mischung 2.

Bei einer Restbenzin O.Z. von DHD (4075) (mit 50 % Arcmaten) von 74 und einer O.Z. des Alkoholbi (-110°) von 78 ergibt die Rechnung

für p_{me} (max.) 21,9 at }
p_{me} (min.) 10,9 at } also ohne weiteres C₃-Qualität

Dagegen soll die Mischung 2 nach dem DVL-Bericht haben:

p_{me} (max.) 19 at } also nur untere
p_{me} (min.) 9 at } Grenze der
C₃-Qualität erreicht

Die Messung gibt also für p_{me} (max.) einen um 3 at, für p_{me} (min.) um 2 at zu niedrigen Wert. Die Messungen sind, angesehen hiervon, schon deshalb verdächtig, da frühere Messungen der DVL an einer Mischung von 80 % DHD + 20 % Leichtbi (O.Z. 79) in guter Übereinstimmung mit der Rechnung für p_{me} (max.) 22 at und p_{me} (min.) 11,5 at ergaben.

Mischung 1.

Bei dieser Mischung errechnet sich der Pb-Zusatz zu

$$\frac{80 \times 0,091 + 20 \times 0,12}{100} = 0,097 \%$$

demnach muß die Klopfgrenzkurve gegenüber der der Mischung mit 0,12 Pb (vgl. unter Mischung 3) für p_{me} (max.) um 1 at, für p_{me} (min.) um 0,8 at niedriger liegen.

Die Klopfgrenzkurve der Mischung 1 mit 0,12 % Pb läßt sich wieder nach meinem Bericht vom 9.1.41 berechnen.

(Restbenzin O.Z. von CV_{2b} = 63).

Es ergibt sich für p_{me} (max.) 20,3 }
p_{me} (min.) 9,6 } also C₃-Qualität

Für die Klopfgrenzkurve der Mischung 1 mit 0,091 % Pb ergibt die Rechnung demnach für p_{me} (max.) 19,3 at
 p_{me} (min.) 8,8 at.

Dagegen soll die Mischung 1 nach dem DVL-Bericht haben: p_{me} (max.) 16,9 at
 p_{me} (min.) 7,4 at.

Die DVL-Messung gibt also für p_{me} (max.) einen um 2,5 für p_{me} (min.) einen um 1,5 at zu niedrigen Wert.

III. Zusammenfassendes Ergebnis

1.) Die Überprüfung der Klopfgrenzkurven der 3 Mischungen für 130° Luftladetemperatur durch Rechnung und Vergleich mit analog früheren DVL-Messungen zeigt, daß die Meßwerte der DVL (p_{me}) gegenüber den mit Sicherheit zu erwartenden Werten

	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3
für p_{me} (max.) um	2,5 at	3 at	mindest. 1 at
" " (min.) "	1,5 "	2 "	" 0,5 "

im Mittel also für p_{me} (max.) um 2 at, für p_{me} (min.) um 1 at zu niedrig liegen.

2.) Es lag entweder eine systematische Fehlerquelle (am Motor) bei der Ausführung der Messungen der DVL vor, oder aber die Zusammensetzung der von uns an die DVL gesandten Proben stimmten nicht. Die Meßwerte der DVL-Kurven kämen im letzteren Falle zum Beispiel dann heraus, wenn der Aromatengehalt der eingeschickten Proben durchweg um 10-15 % zu niedrig gewesen wäre.

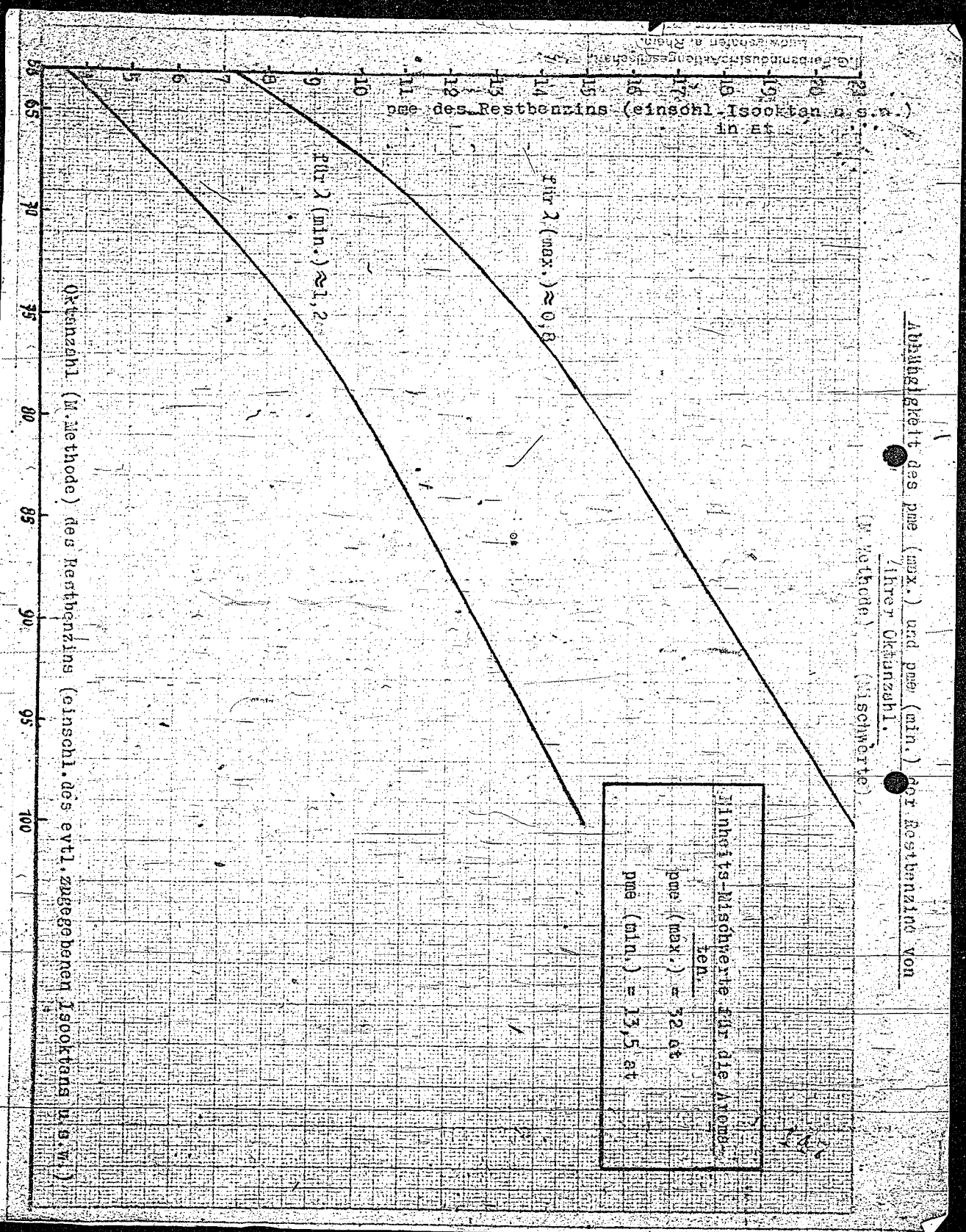
3.) Sämtliche 3 Mischungen haben in Wirklichkeit C₃-Qualität mit 0,12 % Pb. Im Folgenden sind für diese Mischungen 1-3 und für eine Mischung 80 % DHD bzw. CV₂b + 20 % ET 110 + 0,12 % Pb die sich nach der Rechnung ergebenden Werte für p_{me} (max.) und p_{me} (min.) bei 130° Ladelufttemperatur und einem Kompressionsverhältnis 6,5 zusammenstellt.

Mischung + 0,12 % Pb	i n a t m	
	p _{me} (max.)	p _{me} (min.)
1.) 80 Vol.% CV ₂ b + 20% Alkoholbi -110°	20,3	9,6
2.) 80 % DHD + 20 % Alkoholbi	21,9	10,9
3.) CV ₂ b	21	9
4.) 80 % DHD + 20 % ET 110	22,4	11,4
5.) 80 Vol.% CV ₂ b + 20 % ET 110	21,7	10,7.

Man ersieht daraus, daß die Mischung 2 und 5 ein gutes C₃ ergibt und daß die Mischung 4 mit ET 110 einen Hochleistungskraftstoff ergibt, der zwischen C₃ und C₂ liegt. Das letztere Ergebnis ist insbesondere deswegen sehr wichtig, weil zur Zeit diese Mischung 4 als Kraftstoff praktisch gefahren wird und zwar als C₃, obwohl er in Wirklichkeit zwischen C₂ und C₃ liegt.

gez. Fromherz

140



Über die Vergleichbarkeit der Klopfgrenzkurven
nach dem Oppauer Verfahren mit den Überladekur-
ven nach dem DVL-Verfahren.

Zusammenfassung.

Vom Techn. Prüfstand Oppau wird zur Zeit ein Verfahren ent-
wickelt, in dem unter Anlehnung an die Methode der Oktanzahlbe-
stimmung Klopfgrenzkurven der Kraftstoffe in Abhängigkeit von der
Luftüberschusszahl λ bei konstantem Ladedruck durch Variation des
Kompressionsverhältnisses aufgenommen werden. Die den gefundenen
kritischen Kompressionsverhältnissen entsprechenden Oktanzahlen
werden ~~gegen~~ λ aufgetragen und ergeben Klopfgrenzkurven, die
ein ähnliches Aussehen haben wie die nach dem DVL-Verfahren unter
Variation des Ladedrucks aufgenommen "Überladekurven" (vgl. Ber.
Techn. Prüfst. Oppau Nr. 455). Eine Berechnung der zugrunde liegenden
Verhältnisse zeigt, dass die Vorgänge bei beiden Verfahren nichtiden-
tisch sind, da bei Änderung des Kompressionsverhältnisses (Oppauer
Verfahren) gleichzeitig Temperatur und Druck der Zylinderfüllung,
bei Änderung des Ladedrucks (DVL-Verfahren) unter den hier zur Be-
rechnung angewandten Vereinfachungen nur der Druck geändert wird.
Es ist daher zu erwarten, dass die Kurven nach dem Oppauer Verfahren
einen etwas anderen Charakter haben als nach dem Überladeverfahren,
insbesondere dass die charakteristische Steilheit aromatischer Kraft-
stoffe gegenüber paraffinischen, wie sie beim Überladeverfahren auf-
tritt, beim Oppauer Verfahren weniger ausgeprägt ist. Ausserdem wird
geschlossen, dass es durch die Auftragung der Klopfgrenze in Oktanzahlen
die Kurven gegenüber den Überladekurven in der Weise verzerrt werden,
dass bei weniger klopfesten Kraftstoffen eine Steilheit gegenüber
klopfesteren auftritt, die bei den Überladekurven nicht vorhanden
ist. Es wird gezeigt, dass durch Auftragen der Klopfgrenze in λ oder
noch besser in Leistung statt in Oktanzahlen in dieser Hinsicht eine
bessere Vergleichbarkeit mit den Überladekurven erreicht werden könnte.

Ausführung der Berechnung.

Wie schon bei früherer Gelegenheit (Ber. 178 401 v.6.12.1940) ausgeführt wurde, setzt Klopfen im Motor dann ein, wenn im noch unverbrannten Teil der Zylinderfüllung unter den betreffenden Bedingungen Selbstzündung auftritt. Der Selbstzündung geht eine chemische Reaktion im Gemisch voraus, deren Geschwindigkeit nach einer bestimmten Zeit τ eine kritische Grenze überschreitet, was sich durch Auftreten von Zündung bemerkbar macht. Diese Geschwindigkeit und damit τ sind von Temperatur und Druck im Gemisch abhängig nach der Gleichung:

$$\tau = \text{const.} \cdot \frac{E}{RT} \cdot \frac{1}{p^n} \quad (1)$$

Temperatur und Druck im unverbrannten Rest der Zylinderfüllung werden durch Temperatur und Druck des angesagten Gemisches, Kompressionsverhältnis und Verbrennungsdruck bestimmt. Es wurde seinerzeit gezeigt (Ber. v.6. u. 12.12.1940), wie bei Veränderung des λ bei Benz u. Oktan die Maximaltemperatur im unverbrannten Gemischrest sich ändert, und dass bei λ unterhalb etwa 1,1 mit abnehmendem λ die Maximaltemperatur abnimmt. Dieser Temperaturerniedrigung entspricht eine Verminderung der Klopfneigung, die beim Überladeverfahren durch Druckerhöhung kompensiert wird. Die entsprechende Druckerhöhung liess sich aus Gleichung (1) quantitativ erfassen unter der Annahme, dass die Flammengeschwindigkeit und damit die für die Vorreaktion zur Verfügung stehende Zeit τ sowie alle anderen Konstanten von λ unabhängig seien.

Beim Oppauer Verfahren wird die Verminderung der Klopfneigung bei abnehmendem λ nicht durch Erhöhung des Ladedrucks, sondern durch Erhöhung des Kompressionsverhältnisses kompensiert, eine Massnahme durch die Temperatur und Druck geändert werden. Wir können nun also nicht mehr wie beim Überladeverfahren T u. p als voneinander unabhängige Variable betrachten, sondern beide sind gemeinsam abhängig von λ als Versuchsvariablen. Zur Berechnung müssen wir also T u. p als Funktionen von λ einführen. Für T haben wir die Gleichung (Gl. (5) 1. Ber. v. 6.12.40)

$$\frac{T}{T_2} = \left\{ \frac{p_{\max}}{p_2} \right\}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad (2)$$

dabei bedeuten T_2 u. p_2 Temperatur und Druck am Ende der Kompression u. gilt

$$T_2 = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1} \quad p_2 = p_1 \cdot \epsilon^{\kappa} \quad (3) \quad (T_1 \text{ u. } p_1 \text{ Temperatur u. Druck des Gemisches vor der Kompression)}$$

Für den Maximaldruck am Ende der Verbrennung gilt angenähert die Gleichung $\frac{p_{\max}}{p_2} = 1,03 \frac{T_{\max}}{T_2}$ (4)

dabei bedeutet T_{\max} die Verbrennungsendtemperatur, der Faktor 1,03 ergibt sich als Mittelwert aus den früheren Berechnungen und trägt der Druckerhöhung durch Dissociation Rechnung. Um nicht wieder die Verbrennungsendtemperatur für jeden einzelnen Fall neu berechnen zu müssen führen wir folgende Vereinfachung ein:

$$(T_{\max} - T_2)^{\kappa} = \text{const.} \quad (5)$$

In dem hier untersuchten Bereich bringt diese Vereinfachung voraussichtlich keine grossen Fehler. Die Differenz $T_{\max} - T_2$ entnehmen wir dabei für je es einzelne λ den Tabellen im Bericht 178 701 v. 12.12.1940.

Durch Einsetzen im Gl. (2) erhalten wir

$$T = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1} \left(1,03 \frac{\text{const.} + T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1}}{T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad (6)$$

Für $p = p_{\max}$ ergibt sich aus obigen Gleichungen:

$$p = 1,03 \cdot p_1 \cdot \epsilon \cdot \frac{\text{const.} + T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1}}{T_1} \quad (7)$$

Durch Einsetzen im Gl. (1) erhält man:

$$\tau = \text{const.} \cdot \frac{e}{(1,03 \cdot p_1 \cdot \epsilon \cdot \frac{\text{const.} + T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1}}{T_1})^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} \quad (8)$$

Auch hier nehmen wir wieder gleiche Flammgeschwindigkeit und damit beim Einsetzen vom κ pfen konstantes τ an. Daraus erhalten wir

für die Veränderung des ϵ mit λ die Bezeichnung:

(9)

$$\frac{E}{T_1 \lambda_1^{\lambda_1} \epsilon_1^{1,03} \left(\frac{\text{const}_{\lambda_1, T_1, \epsilon_1} \lambda_1^{\lambda_1}}{T_1 \lambda_1^{\lambda_1} \epsilon_1^{1,03}} \right)^n} = \frac{E}{T_1 \lambda_2^{\lambda_2} \epsilon_2^{1,03} \left(\frac{\text{const}_{\lambda_2, T_2, \epsilon_2} \lambda_2^{\lambda_2}}{T_1 \lambda_2^{\lambda_2} \epsilon_2^{1,03}} \right)^n}$$

$$\left(\frac{\text{const}_{\lambda_1, T_1, \epsilon_1} \lambda_1^{\lambda_1}}{\epsilon_1^{1,03}} \right)^n = \left(\frac{\text{const}_{\lambda_2, T_2, \epsilon_2} \lambda_2^{\lambda_2}}{\epsilon_2^{1,03}} \right)^n$$

Dabei besagen die Indizes λ_1 u. λ_2 an T_1 u. ϵ_1 , dass diese Werte für verschiedene λ verschieden sind. Eine überschlägige Berechnung nach Gleichung (9) zeigte nun, dass die mit der Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses verbundene Druckerhöhung, die im Nenner berücksichtigt wird sich so wenig auf die Reaktionsgeschwindigkeit auswirkt im Vergleich mit der im Zähler berücksichtigten Temperaturerhöhung, dass es gerechtfertigt erscheint, den Nenner zu vernachlässigen. Wir können daher in Gleichung (9) die Nenner gleichsetzen und für die Berechnung nur die Zähler heranziehen. Dieser Umstand bedeutet physikalisch, dass wir um gleiches Klopfen bei verschiedenen λ zu erreichen, das Kompressionsverhältnis in der Weise vergrößern müssen, dass im unverbrannten Teil der Ladung stets die gleiche Maximaltemperatur erreicht wird. Fig. 1 zeigt die Zunahme des zulässigen Verdichtungsverhältnisses bei einem reinen Aromaten und einem reinen Isoparaffin mit abnehmenden λ in 3 Fällen, wobei das ϵ bei $\lambda = 1,1$ beliebig vorgegeben wurde und die Bedingungen so gedacht sind, dass beide Stoffe bei $\lambda = 1,1$ stets das gleiche maximale Verdichtungsverhältnis zu lassen. Wie man sieht unterscheiden sich Aromaten und Paraffinen praktisch garnicht in der Steilheit. Der Grund ist einfach der, dass wir in den Berechnungen als einzigen Unterschied zwischen Aromat u. Paraffin die höhere Temperaturempfindlichkeit der Aromaten angesetzt haben. Diese Eigenschaft kommt nun in der hier vorliegenden Berechnung überhaupt nicht zum Ausdruck, da immer Temperaturgleichheit entlang der ganzen Kurve hergestellt wird. In Wirklichkeit werden zwischen Aromaten und Paraffinen auch hier Unterschiede in der Steilheit auftreten, die man sich durch Effekte hervorgerufen denken kann, die bisher mangels experimenteller Unterlagen in unserer Rechnung vernachlässigt wurden, z.B. Abhängigkeit der Flammgeschwindigkeit von λ , die möglicherweise bei Aromaten viel grösser sein kann als bei Paraffinen. Bei der Auftragung von ϵ gegen λ (Fig.1) zeigt sich, dass die Kurve bei höherer Klopfestig-

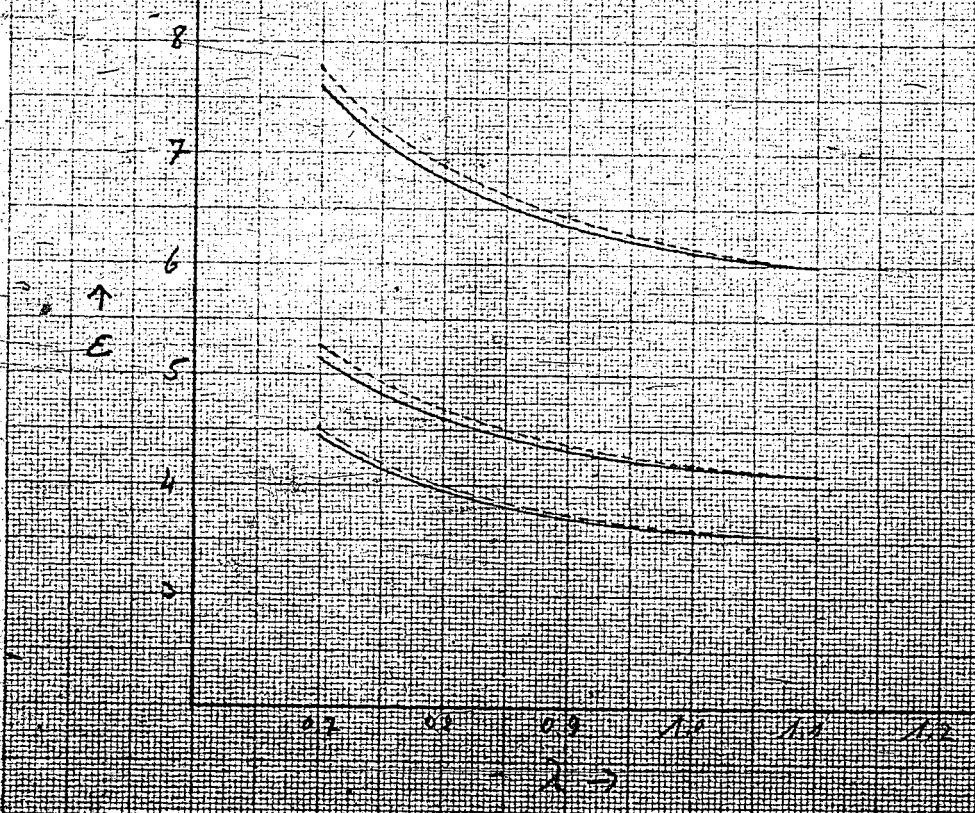
keit des untersuchten Kraftstoffes einen etwas steileren Verlauf hat als bei niedriger. Da beim Oppauer Verfahren die Oktanzahlen aufgetragen werden, wurden die Kompressionsverhältnisse mit Hilfe der Oppauer Eichkurve in Oktanzahlen umgerechnet. Die entsprechende Kurve zeigt Fig. 2. Man sieht, dass mit abnehmender Klopfestigkeit die Kurven nun immer steiler werden, während man bei den Überladekurven gewöhnt war, dass Stoffe verschiedener Klopfestigkeit aber ähnlichen chemischen Aufbau (gleicher Temperaturempfindlichkeit) parallel verschobene Kurven ergaben. Die Steilheit der Kurven, die hier auftritt, hat keinerlei Analogie zu der der Überladekurven, sondern ist nur durch die Verzerrung der Oktanzahlenskala bedingt. Es wurde versucht, ob Parallelität der Kurven erreicht wird, wenn man wie bei der Überladekurve ein der Motorleistung proportional^{es} Glied in Abhängigkeit von λ aufträgt. Da bei Erhöhung des Kompressionsverhältnisses unter Konstanthalten aller übrigen Bedingungen die Motorleistung proportional dem thermodynamischen Wirkungsgrad ansteigt, wurde letzterer als Ordinate gewählt. Die hierbei erhaltenen Kurven zeigen fast völlige Parallelität. Man könnte daher erwarten, dass man durch Messung oder Berechnung der Motorleistung beim Oppauer Verfahren und deren Auftragen gegen λ eine besser Vergleichbarkeit mit den Überladekurven erhielte.

gez. v. Müffling

Fig. 1

Änderung des relativen Kompressions-
verhältnisses in Abhängigkeit von λ

— aromatisches } Kieselstoff
- - - präeffensches }



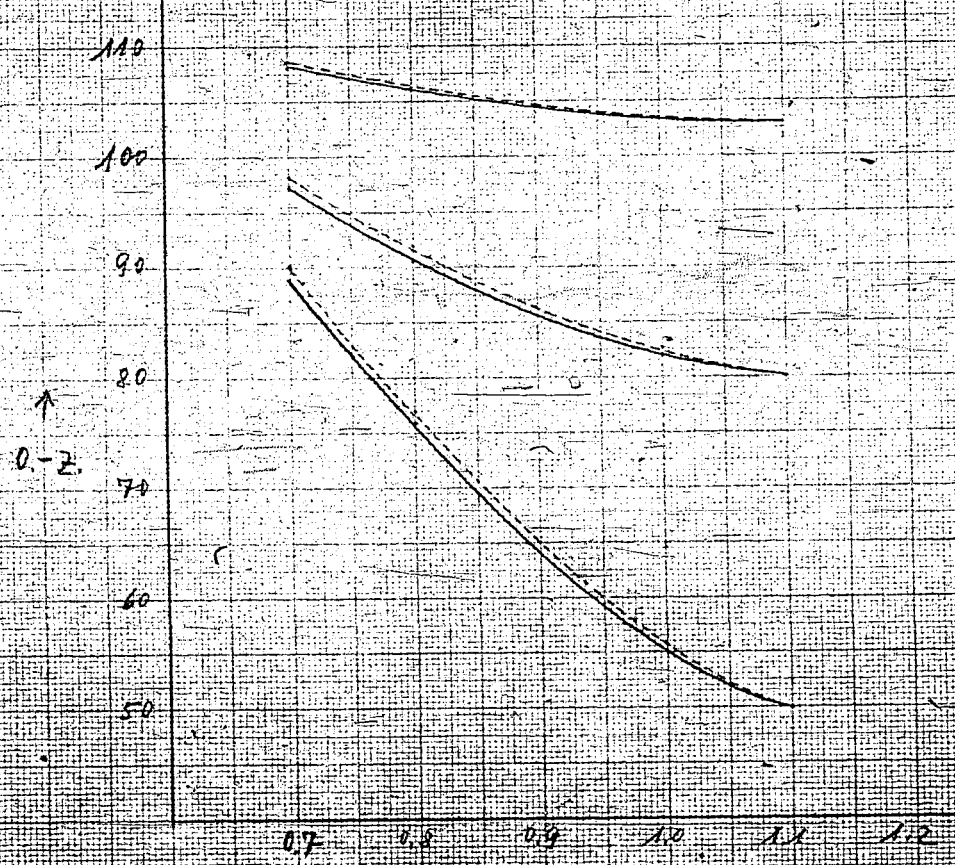
I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein

153

Fig. 2

Änderung des Optimums mit λ

— Anomales Stoff
- - - passives Stoff

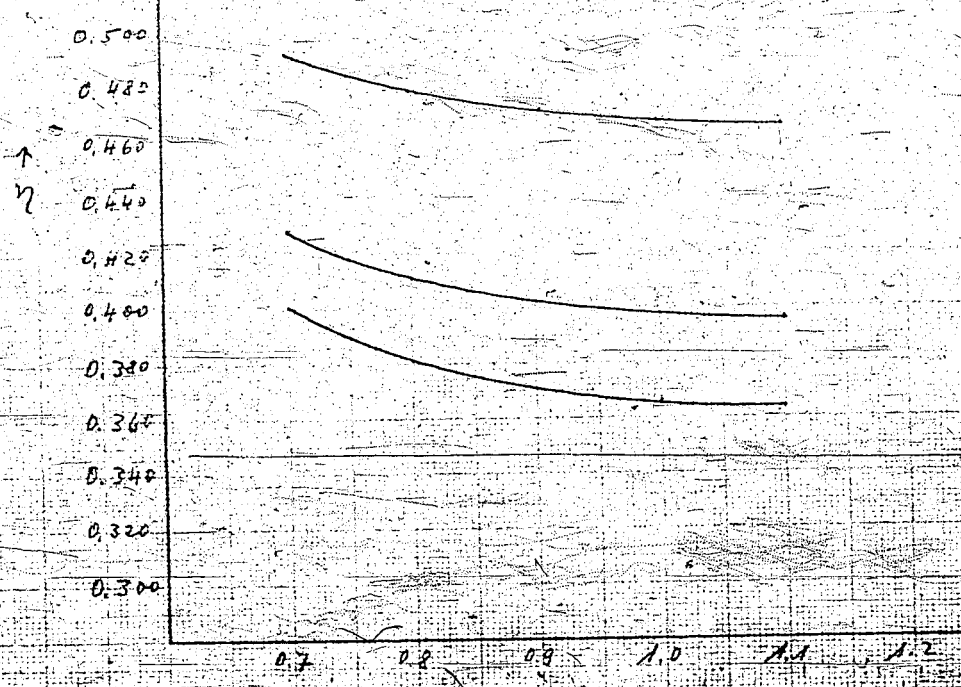


I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

DRP-Patent A. 4. 1. 210. x 207 mm

Fig. 3

Änderung des Wirkungsgrades η (proportional Motorleistung) beim Apparatverfahren in Abhängigkeit von λ



(16) ✓

Der Reichsminister der Luftfahrt
und Oberbefehlshaber der Luftwaffe

Berlin W 8, den 15.6.1944
Leipziger Straße 7
Tel.-Adr.: Reichsluft Berlin
Fernsprecher: Ortsverkehr: 520024, 213241, 180047
Fernverkehr: 218011
Hausapparat: 4302

Az.: 85 g GL/A-M II(B)

(In der Antwort bitte vorstehendes Geschäftszeichen,
Datum und kurzen Inhalt angeben)

An

I.G. Farbenindustrie A.-G.
Abt. Hochdruckversuche
z.Hd. von Herrn Dr. Lajos
Ludwigshafen a.Rh.
=====

Betr.: VT 345 (Scholven)
Bezug: Besprechung im RLM am 25.5.44.

In der Anlage werden wunschgemäß die Techn.Lieferbedingungen für
VT 345 zur Kenntnisnahme und zum Verbleib übersandt.

Es wird darauf hingewiesen, daß sowohl zur Einhaltung des spez. Gewichtes
als auch der für den C 3 - Kraftstoff geforderten Überladbarkeit der
Zusatz von 5 Vol% VT 303 zum VT 345 erforderlich ist.

1 Anlage

Im Auftrag



19. Juni 1944
103729

9

Prüfer-
schriften
BVM
Ausgabe 1942
Ziffer:

Beschaffenheitsbedingungen

Auf- und Durch-
sicht in einem
Reagenzglas von
25 mm Ø

Der Kraftstoff muss wasserklar, frei von
ungelösten Wasser und Säure sein und darf
keine festen Fremdstoffe enthalten.

Zusammensetzung:

Hydrierbenzin

7070 - 7094	Kloppfestigkeit:	O.Z.	unverbleit mind.	77
		O.Z. bei 0,09 Vol.-% BTA	mind.	88
		O.Z. bei 0,115 Vol.-% BTA	mind.	91

7230 - 7239 Ueberladbarkeit: Die Ueberladekurve des Kraftstoffes muss nach Zusatz von 0,120 Vol.-% BTA bei der Prüfung in einem vom RLM - GI/A-M II zugelassenen Kraftstoff-Ueberladeprüfmotor mindestens oberhalb der am Versuchstage gefahrenen Dich-C 3 - Ueberladekurve im Bereich der Luftüberschusszahlen $\lambda = 0,75 - 1,3$ liegen.

+) in folgender Zusammensetzung
 95% VT 345
 5% VT 303

7055 Dichte bei 15°C: zwischen 0.755 und 0.780 kg/Ltr.

7100 - 7113 Siedeverhalten:

Siedebeginn nicht unter	40	°C
mind. 10 Vol.-% bis	75	°C
" 50 " " "	125	°C
" 90 " " "	160	°C
Siedeeinde unter	180	°C
Destillationsverlust höchst.	2 Vol.-%	

s. Anm. 2) Reaktion des Rückstandes: Der nach der Destillation im Kolben verbleibende Rest muss neutral sein.

7290 Anflirpunkt: +5 bis +20°C

7130 - 7138 Dampfdruck: höchstens 0.45 at bei 37,8°C

7160 Verdampfungs-Rückstand: Bei Verdampfung von 100 ccm des Kraftstoffes dürfen höchstens 5 mg Rückstand hinterbleiben.

7190 - 7191 Schwefelgehalt: höchstens 0.05 Gew.-%

7220 Jodzahl³⁾: höchstens 4 g/100 g

7150 Schmelzpunkt: Der Schmelzpunkt des bis zur Kristallisation abgekühlten Kraftstoffes darf nicht über -60°C liegen.

7200 Korrosion: Keine grauen oder schwarzen Flecke oder Anfröschungen beim Kupferblechstreifenverfahren.

Prüf-
vorschriften
BVM¹⁾
Ausgabe 1942
und Techn.Mit-
teilungsdienst
Ziffer:

Beschaffenheitsbedingungen

7280 - 7281 Aromatengehalt: höchstens 42 Vol%

7214 Hemmstoff: ZV 2 0,025 Gew%

Anmerkungen:

- 1.) Die Bauvorschriften für Flugmotoren (BVL) "Prüfvorschriften für Flugmotoren-Kraftstoffe können bei der Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen (ZWB) bei der DVL, Glatz/Schles., Friedrichstr.6 bezogen werden.
- 2.) Der wässrige Auszug darf Phenolphthalein nicht röten. Nach Zugabe von einem Tropfen $\frac{1}{10}$ NaOH muß Rotfärbung eintreten.
- 3.) Einwaage von 0,4 bis 0,8 g und Zusatz von 5 ccm Lösung.

Festl. Eva/74

Zurück an
Vorzimmer Dir. Dr. Pier

Hochdruckversuche
Bn. 553

Klopffersuche mit Aromatengemischen.

(Fortsetzung zur Zusammenstellung v. 9.10.42)

Die Untersuchungsergebnisse der 2. Lieferung von Aromaten von Dr. Bähr/Corr sind in den beiliegenden Zahlentafeln 1 und 2 und an den Kurvenblättern 1 bis 6 zusammengestellt.

Die Untersuchungen wurden in der gleichen Weise durchgeführt wie bei der 1. Versuchsreihe (s. Zusammenstellung v. 9.10.42). Die Aromaten wurden in 25 bzw. 50 Vol.-%iger Mischung mit i.G.-Eichbenzol (i.G. 9 mit ROZ 43,5) im CFR-Motor untersucht.

Die Oktanzahlen (Mot.-Meth. und Res.-Meth.) der Aromatengemische mit und ohne 0,12 Vol.-% BTA sind in Zahlentafel 1 und 2 angegeben.

Für die 50%igen Gemische sind die Oktanzahlen (M-M) der Gemische mit und ohne BTA in Abb. 1 und 2 aufgezeichnet. In den gleichen Abbildungen sind auch die Minima (etwa bei $\lambda = 1,1$) der an CFR-Überlade-Motor gefundenen Überladekurven dargestellt. Dabei ist angegeben, wieviel ($p = mm Hg$) das Minimum der Überladekurve über bzw. unter dem der Eich-GV2b-Kurve liegt.

Die errechneten Mischwerte (Mot.-Meth.) für 25 und 50 %ige Gemische sind aus den Abbildungen 3 und 4 zu ersähen.

Die Bleiempfindlichkeit der Mischungen (Mot.-Meth.) ist in den Abbildungen 5 und 6 aufgetragen.

Aus den Versuchen läßt sich insbesondere folgendes erkennen:

- 1.) Die untersuchten Aromatengemische sind bis auf einige wenige besser als die entsprechenden Gemische mit Reibenzol (Abb. 1 und 2)
- 2.) Besonders hohe Klopffestigkeit weisen folgende Proben auf:

Lfd. Nr.	Produkt	hergestellt aus	Siedebereich
9	Tripropylbenzol	AlCl ₃	225°-230°
10	"	"	230°-240°
42	Propyl-di-n-Butylbenzol	"	155°-266°
48	Di-Propyl-n-Butylbenzol	"	230°-256°
8	Dipropyl-Benzol	"	225°-230°
11	Tetrapropyl-Benzol	"	260°-280°
38	Propyl-n-Butylbenzol	"	200°-250°
17	Di-n-Butylbenzol	"	220°-260°
27	Aethylpropyl-Benzol	"	150°-230°

3.) Außer den unter 2 angegebenen Aromaten waren noch mehrere besser als Diäthylbenzol.

4.) Die in der Klopffestigkeit besten Aromaten sind mit AlCl₃ hergestellt.

5.) Am niedrigsten ist die Klebhaftigkeit bei folgenden Verbindungen:

Lfd. Nr.	Produkt	hergestellt aus	Siedebereich
24	Octylbenzol	$AlCl_3$	$230^{\circ}-250^{\circ}$
25	"	H_2SO_4	$210^{\circ}-250^{\circ}$
21	Hexylbenzol	$AlCl_3$	$200^{\circ}-220^{\circ}$
22	"	H_2SO_4	$210^{\circ}-215^{\circ}$
4	Tetraäthylbenzol	$AlCl_3$	$220^{\circ}-250^{\circ}$
5	"	"	$280^{\circ}-320^{\circ}$
6	"	"	$190^{\circ}-320^{\circ}$

6.) Die Mischwerte der 25 %igen Mischungen liegen höher als die der 50 %igen (Abb. 3 und 4), d.h. also daß die untersuchten Aromaten in kleineren Zusätzen (50 %) stärker wirken, als man nach der Mischungsregel erwarten würde.

7.) Die Überladefähigkeit am CFR-Motor (Höhe der Minima bei $\approx 1,1$ der Überladekurve) geht mit der Oktanzahl des Gemisches nahezu parallel (Abb. 1 und 2).

8.) Die hohe Bleiempfindlichkeit in der Gruppe IV (Abb. 5) ist auf die verhältnismäßig niedrigen Oktanzahlen zurückzuführen.

9.) Eine genauere Auswertung der Versuche, insbesondere zusammen mit den Ergebnissen am BMW 132-Überlademotor, ist noch erforderlich.

gez. Dehn

Oktanahlen von verschiedenen Aromaten

25 Vol.-% bzw. 50 Vol.-%ige Mischungen mit 75 - Eichenkernöl (369-MOZ 435)

Lfd. Nr.	Gur. Reihe	Produkt	hergestellt mit	Siedebereich	50%ige Mischung		25%ige Mischung		50%ige Mischung		25%ige Mischung ohne mit	25%ige Mischung ohne mit
					12.10.1938 BTM	11.10.1938 BTM	11.10.1938 BTM	11.10.1938 BTM	11.10.1938 BTM	11.10.1938 BTM		
1	a	Monethylbenzol	130-140	94,7	94,7	103,7	103,7	151,7	151,7	151,7	151,7	151,7
2	b	Diethylbenzol	170-182	103,7	103,7	103,7	103,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
3	c	Triethylbenzol	210-220	112,8	112,8	112,8	112,8	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
4	d	Tetraethylbenzol	220-230	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
5	e	Tetraäthylbenzol	220-230	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
6	f	Monopropylbenzol	190-200	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
7	g	Dipropylbenzol	185-195	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
8	h	Tripropylbenzol	185-195	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
9	i	Tetrapropylbenzol	185-195	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
10	a	Tripropylbenzol	235-240	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
11	b	Tetrapropylbenzol	235-240	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
12	c	Tripropylbenzol	260-265	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
13	d	Tetrapropylbenzol	260-265	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
14	e	n-Butylbenzol	170-175	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
15	f	1-Butylbenzol	170-175	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
16	g	1-Butylbenzol	170-175	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
17	h	Di-n-Butylbenzol	200-210	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
18	i	Di-n-Butylbenzol	200-210	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
19	a	Di-n-Butylbenzol	200-210	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
20	b	Di-n-Butylbenzol	200-210	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
21	c	Di-n-Butylbenzol	200-210	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
22	d	Di-n-Butylbenzol	200-210	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
23	e	Hexylbenzol	210-220	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
24	f	Hexylbenzol	210-220	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5
25	g	Hexylbenzol	210-220	116,7	116,7	116,7	116,7	171,5	171,5	171,5	171,5	171,5

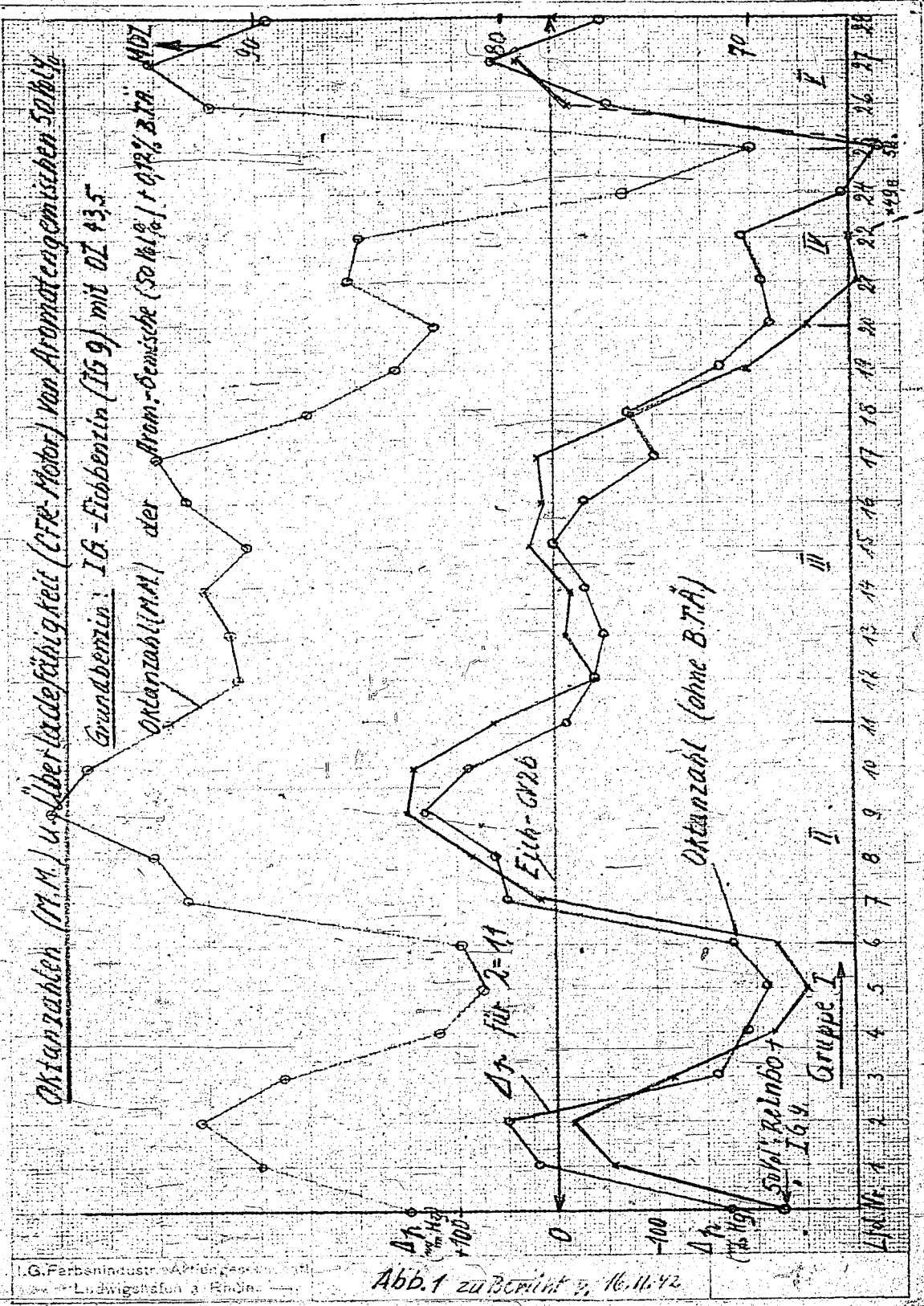
Tabelle 2, Bericht v. 16.11.42

191

Lfd. Nr.	Grupp. Nr.	Prüf. Nr.	Produkt	hergestellt mit	Siedebereich	H ₂ % prozent	H ₂ % ohne BTÄ	50%ige Misch.		25%ige Misch.		50%ige Misch.		25%ige Misch.		Res. - Mehl
								ohne BTÄ	mit BTÄ	ohne BTÄ	mit BTÄ	ohne BTÄ	mit BTÄ	ohne BTÄ	mit BTÄ	
46	V a	75	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	140°-130°	10,05	77,4	111,3	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
47	b	76	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	150°-130°	10,88	79,5	115,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
48	d	32a	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	200°-150°	11,29	78,0	112,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
49	e	36	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	160°-200°	11,49	76,5	109,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
50	a	37	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	200°-160°	11,47	76,9	109,8	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
51	b	34b	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	230°-240°	11,93	76,5	109,4	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
52	c	39	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	180°-240°	11,63	76,3	109,1	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
53	a	42	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-240°	11,45	76,5	109,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
54	b	46	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	240°-260°	11,61	74,6	107,7	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
55	c	50	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-250°	11,89	74,6	107,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
56	d	48	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	300°-300°	11,38	74,0	107,4	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
57	e	52	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	250°-350°	11,62	74,3	107,8	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
58	a	53	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	200°-250°	11,34	74,5	107,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
59	b	54	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-260°	11,47	74,6	107,7	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
60	c	57	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	200°-260°	11,57	74,6	107,7	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
61	d	58	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-260°	11,47	74,6	107,7	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
62	e	55	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	155°-260°	11,46	74,5	107,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
63	a	56	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	250°-300°	11,42	74,5	107,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
64	b	59	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	200°-270°	11,40	74,2	107,2	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
65	c	60	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-280°	11,48	74,9	107,8	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
66	d	60	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	185°-287°	11,48	74,7	107,7	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
67	e	61	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	250°-300°	11,37	74,7	107,7	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
68	a	61	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	250°-256°	11,37	74,7	107,7	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
69	b	66	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-270°	11,44	74,5	107,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
70	c	65	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	200°-270°	11,44	74,5	107,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
71	d	74	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-260°	11,66	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
72	e	73	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	200°-260°	11,66	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
73	a	73	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	200°-260°	11,66	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
74	b	73	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	240°-250°	11,71	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
75	c	76	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	240°-250°	11,81	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
76	d	76	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	250°-305°	11,62	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
77	e	77	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	240°-300°	11,62	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
78	a	78	Wahrschmelzengel	H ₂ SO ₄	240°-300°	11,62	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6
79	b	80	Wahrschmelzengel	Al Cl ₃	240°-300°	11,62	74,0	107,0	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6	133,6

Lfd. Nr. 1-100

16a

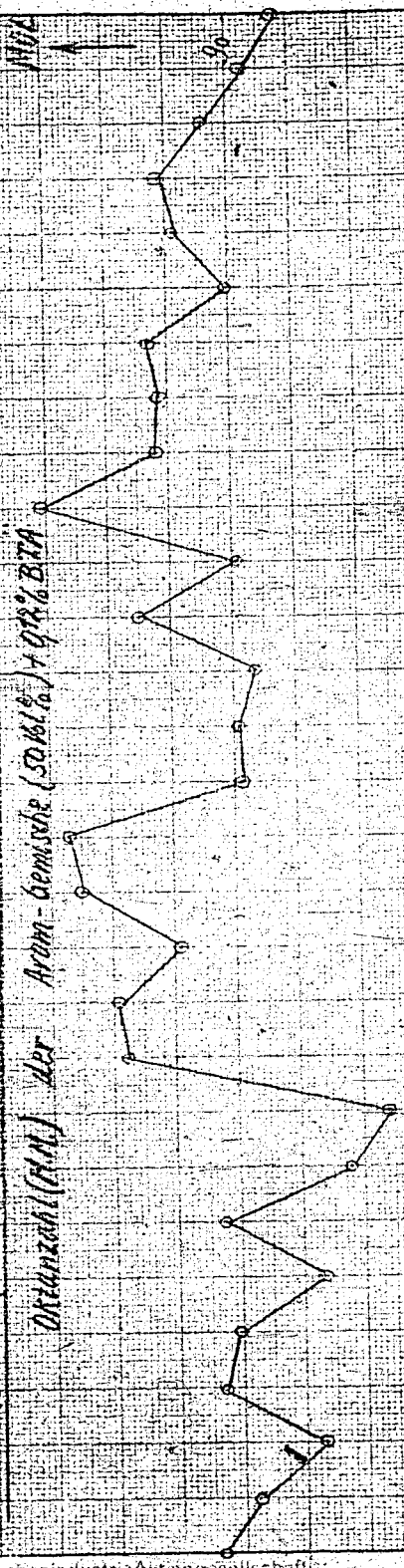


I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
 Ludwigshafen a. Rhein.
 DIN-Format A 4 T (210 x 297 mm)

Abb. 1 zu Bericht 5, 16.11.42

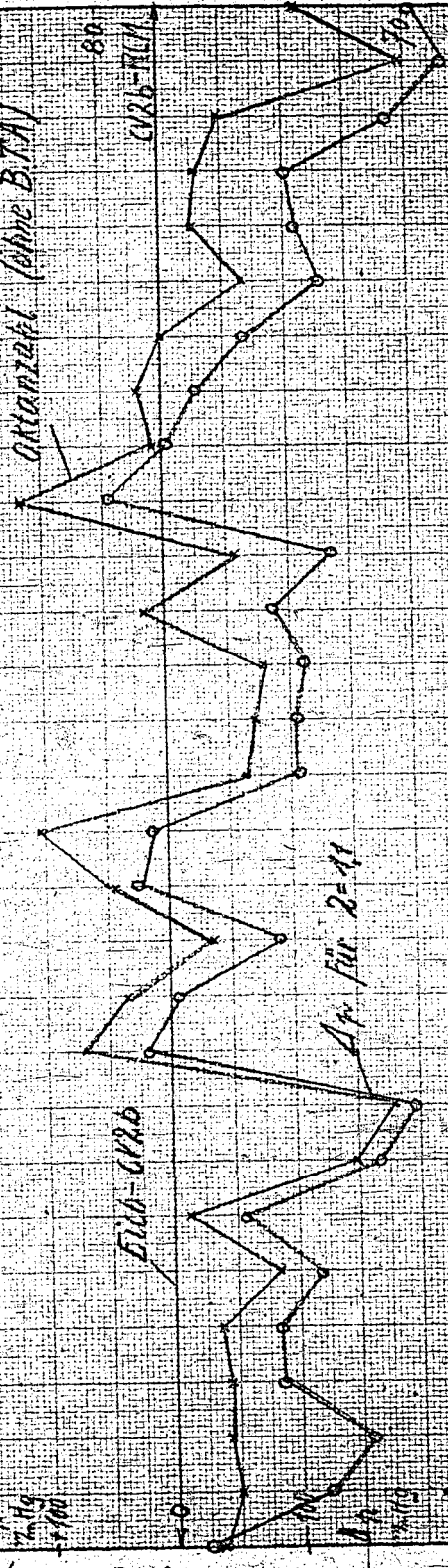
Oktanzahlen (M.M.) u. "Überladefähigkeit" (CFR-Motor) von Aramsten gemischten 50 Vol. %

Oktanzahl (R.M.) der Aram-bensole (50 Vol. %) + 0,18% BTA



Oktanzahl (ohne BTA)

Erdb-GK 20



Ar für 2-11

IV

V

VI

VII

VIII

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

Abb. 2. zur Bericht v. 16. 11. 42

© I.G. - Format A 4 T (210 x 297 mm)

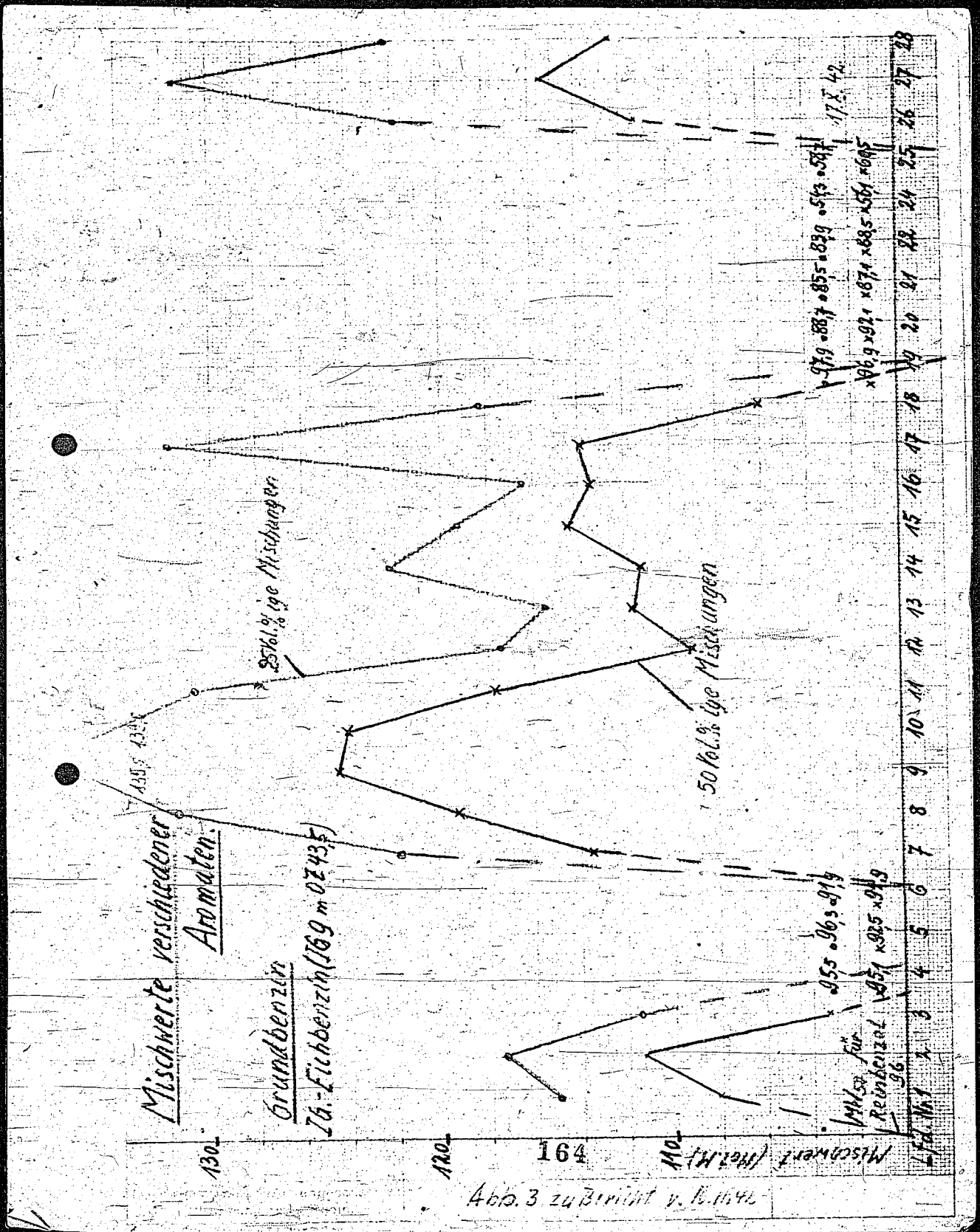
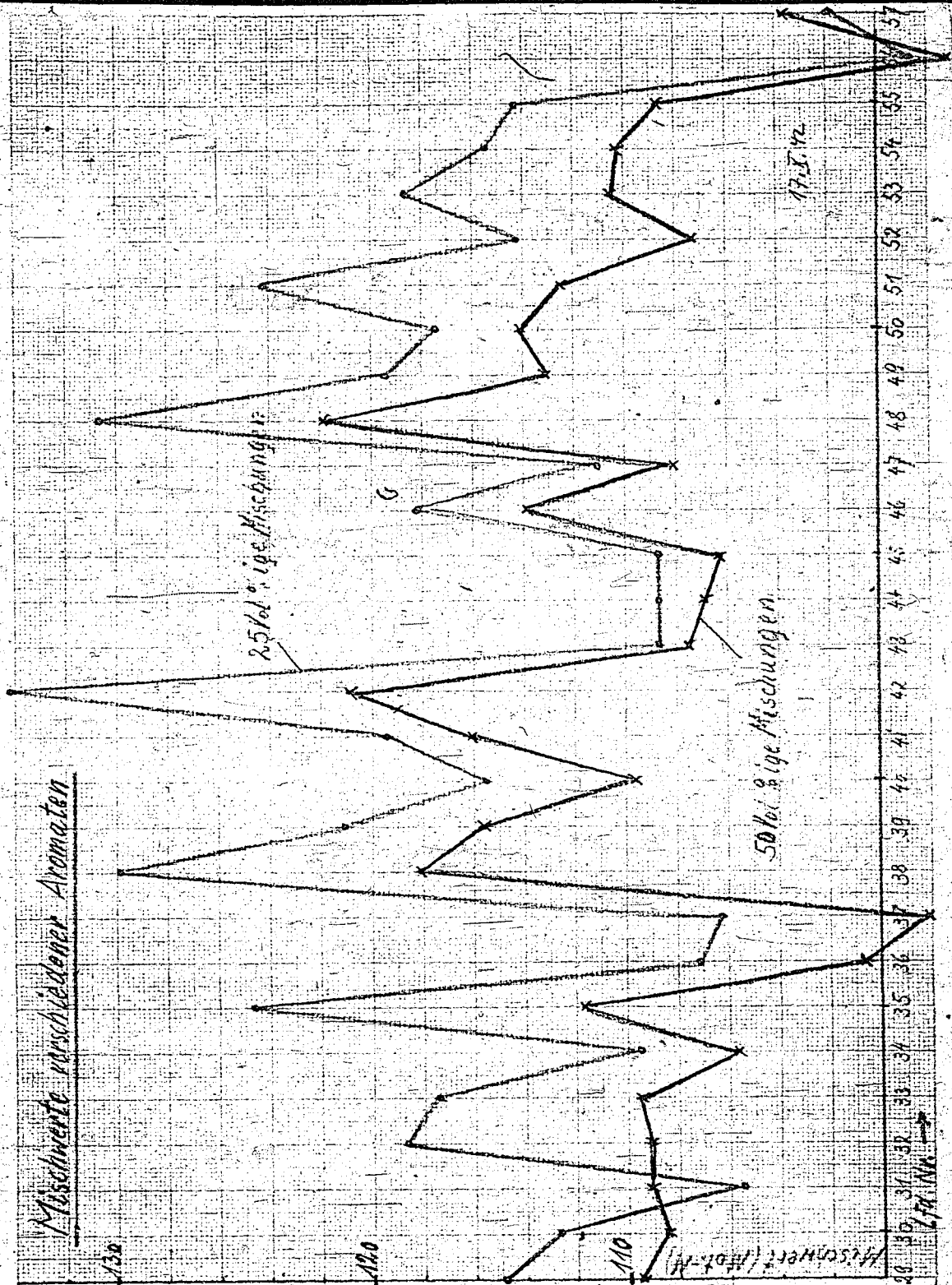


Abb. 3 zu Bericht v. 16.11.42

Mischwerte verschiedener Aromaten



I.G. Farbenindustrie Aktien-Gesellschaft
 Ludwigshafen a. Rhein.

Abb. 4 24 31 v. 16.11.42 165

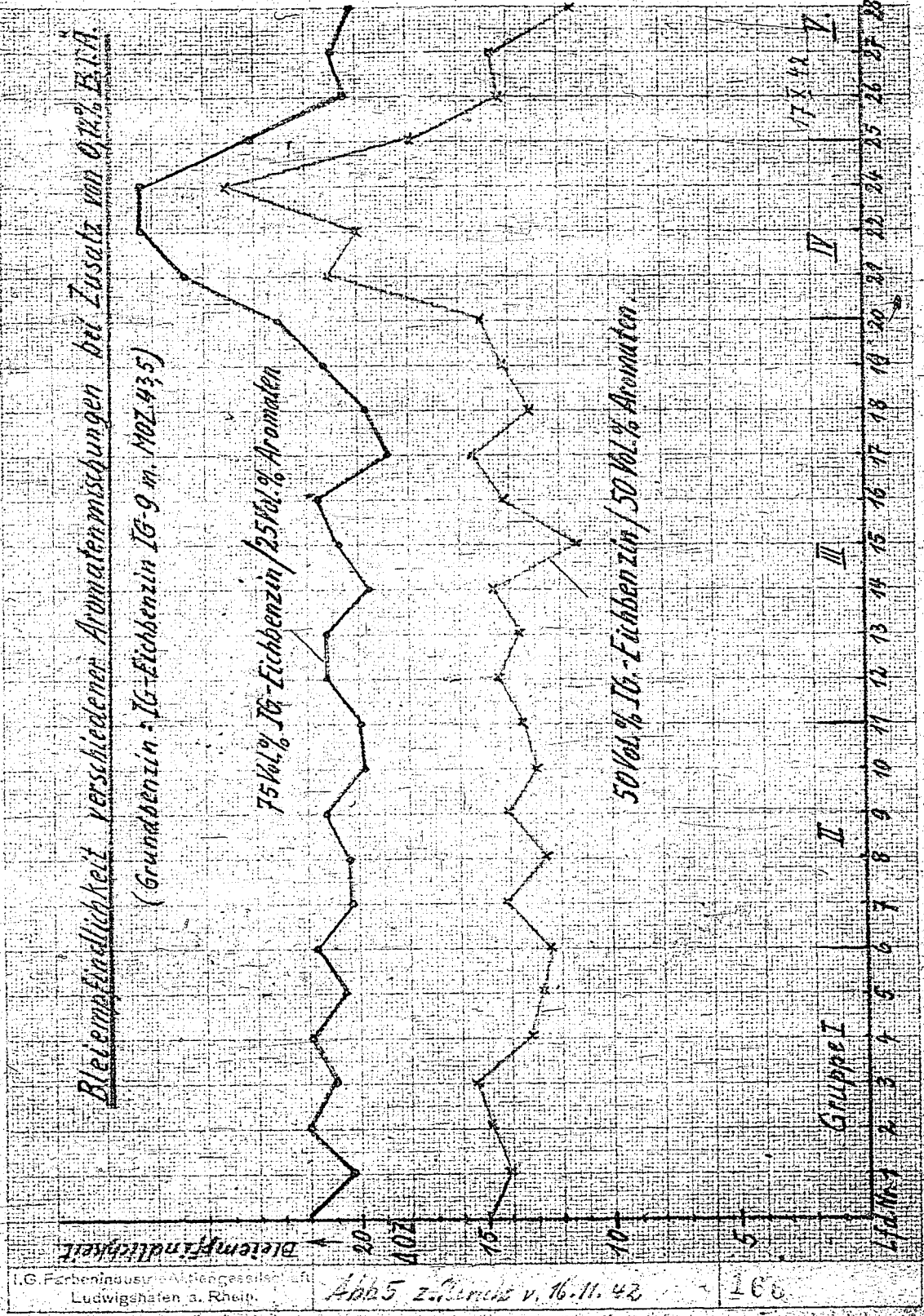
DIN-Formel A 4 F (210 x 297 mm)

Bleimpeinlichkeit verschiedener Aromatenmischungen bei Zusatz von 0,2% E.N.A.

(Grundbenzin: 16-Eichbenzin IG-9 m. MOZ 435)

75 Vol.-% 16-Eichbenzin / 25 Vol.-% Aromaten

50 Vol.-% 16-Eichbenzin / 50 Vol.-% Aromaten



I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.
DIN-Format A 4 T (210 x 297 mm)

Abb 5 z. Bericht v. 16.11.42

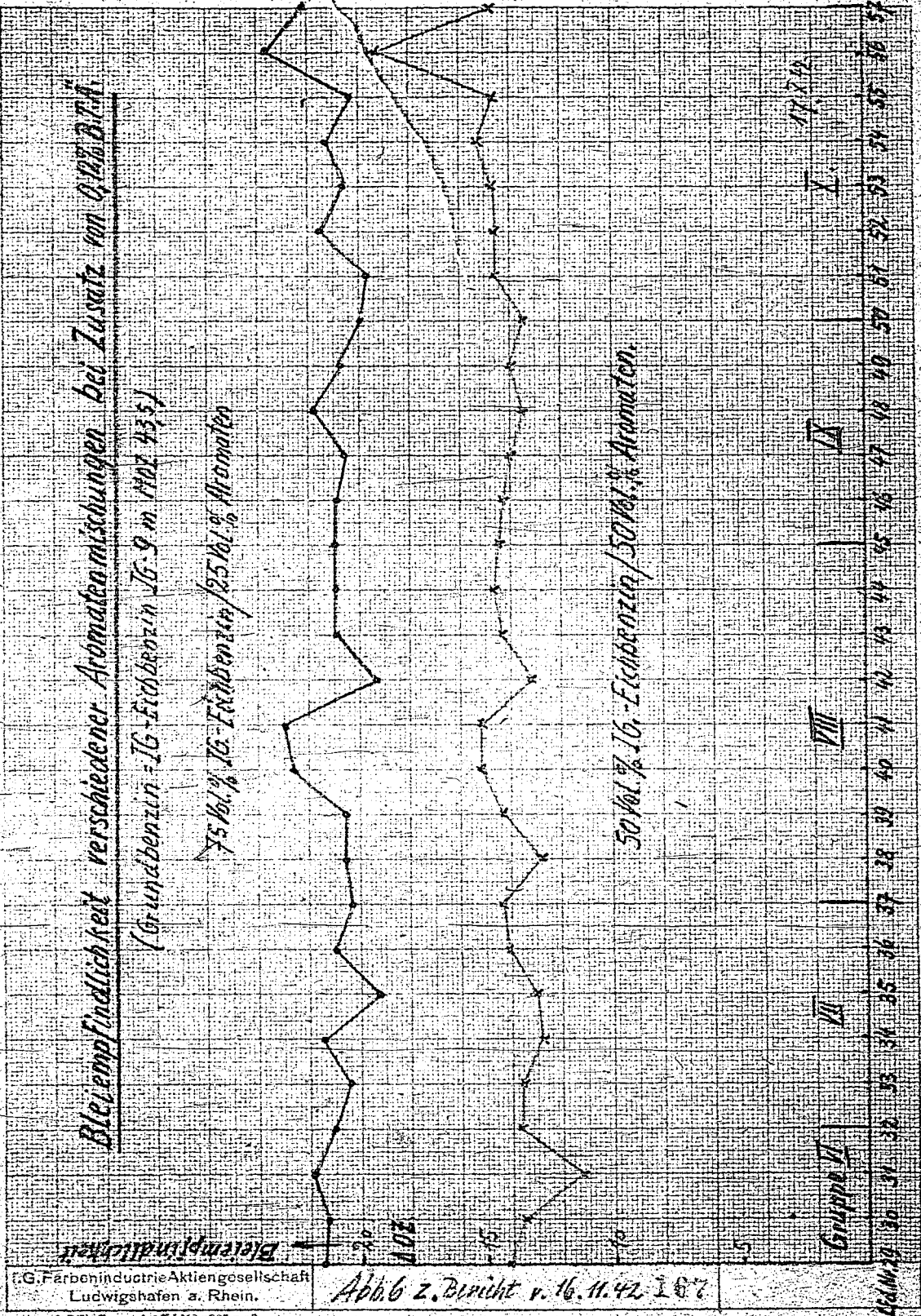
160

Bleiempfindlichkeit verschiedener Aromatenmischungen bei Zusatz von Q. 17.12.74

(Grundbenzen = 16-Eichbenzen 16.9 m. Noz 435)

75 Vol.-% 16-Eichbenzen / 25 Vol.-% Aromaten

50 Vol.-% 16-Eichbenzen / 50 Vol.-% Aromaten



I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

Abb. 6 z. Bericht v. 16. 11. 42 187

DIN-Format A 4 F (210 x 297 mm)

①

Berlin, den 27.5.43

Zurück an
Vorzimmer Dir. Dr. Pier

Unterschiede verschiedener Steinkohle-Veredlungsverfahren.

Eine Bewertung der verschiedenen Kohleveredlungsverfahren nach ihren spezifischen Aufwendungen an Eisen und Kohle ist wegen der Verschiedenartigkeit der erzeugten Produkte und Produktqualitäten nicht angängig.

Auf dem beiliegenden Schaubild sind für 5 charakteristische Kohleveredlungsverfahren der Kohleeinsatz, die verschiedenen Erzeugnisse und der Eisenaufwand dargestellt. Dabei wurden die oberschlesischen Verhältnisse zu Grunde gelegt, da hier die Voraussetzungen für die Steinkohlenschwelung wegen des Mangels an verkokbarer Kohle besonders günstig liegen.

Fall 1 und 2 stellen die Hochdruckhydrierung dar, wie sie heute technisch durchgeführt wird, gekennzeichnet durch ihre Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen Rohstoffe und die wechselnden Produktions- und Qualitätsanforderungen. Je nach den Erfordernissen lässt sich die Anlage auf Flugbi, Autobi, Dieseldöl oder Heizöl umstellen.

Mit Fall 4 und 5 sind die Steinkohlenschwelung und Hochtemperaturverkokung dargestellt. Bei diesen Verfahren stellt der Koks das Hauptprodukt der Kohleveredlung dar, während der Anfall an flüssigen Treibstoffen verhältnismässig gering ist.

Fall 3 ist eine Kombination der Schwelung mit der Hochdruckhydrierung, indem der Schwelteeer in hochwertige Produkte überführt wird, während der grösste Teil des Koks der Kohlewirtschaft erhalten bleibt.

Für die Hochdruckhydrierung (Fall 1 und 2) wurden die Unterlagen aus laufenden Grossanlagen bzw. im Bau befindlichen Projekten verwendet. Bei der Hydrierung stellen hochqualifizierte Treibstoffe die einzigen Produkte dar, die aus der Kohle gewonnen werden. Im Fall 1 ist eine reine Flugbenzolanlage angeführt, während im Fall 2 Heizöl und Flugbenzin etwa im Verhältnis 1 : 1 erzeugt werden. Beide, Flugbenzin und Heizöl, entsprechen in ihrer Qualität den höchsten von der Luftwaffe und der Marine gestellten Anforderungen. Die zwangsläufig anfallenden Abgase Aethan, Propan, Butan, werden als Treibgas verwandt, bzw. stellen den hauptsächlichsten Ausgangsstoff für die Erzeugung von Isoktan und synthetischen Schmierölen dar, die für Hochleistungstreibstoff und Schmierstoff unentbehrlich sind.

Vergleicht man das Ausbringen an Mineralölprodukten im Fall 1 und 2, so sieht man, dass bei der Heizölerzeugung etwa 10 % mehr Mineralöle anfallen. Entsprechend dem kleineren Arbeitsaufwand bei der Hydrierung zu Heizöl ist auch der Eisenbedarf dieser Anlage kleiner.

Die z.Zt in den Hydrierwerken gewonnenen Phenole stammen aus den Abwässern; die Phenolgewinnung liesse sich auf Kosten der Flugbenzinerzeugung noch erheblich steigern.

II.

Vergleicht man den Fall 3 der kombinierten Steinkohlenschwelung und Teerhydrierung mit der reinen Kohlehydrierung (Fall 1), so sieht man, dass die Mineralölproduktion, bei gleichem Kohleinsatz, auf $\frac{1}{3}$ zurückgeht, dafür aber eine grosse Menge Koks anfällt. Ein kleiner Teil des Schwelkokes ($\frac{8}{10}$) wird für die Wasserstofferzeugung bei der Teerhydrierung verbraucht. Die Hauptmenge des Kokes kann als Hausbrand- oder Fahrkoks für Generatoren zur Verfügung gestellt werden oder dient zur sonstigen industriellen Verwertung, z.B. zur Schaffung der erforderlichen Koksbasis für weitere Hydrieranlagen. So wurde auch die Steinkohlenschwelung in Kombination mit der Hydrierung in Blechhammer notwendig, da in Oberschlesien verkockbare Kohlen nicht in ausreichender Menge vorhanden sind. 1)

Der eigentliche Kohleverbrauch für den Prozess im Fall 3 ergibt sich aus der Differenz zwischen der verarbeiteten Kohlenmenge und dem der Kohlewirtschaft wieder zugeführten Schwelkoks. Da bei der kombinierten Schwelung neben den Mineralölprodukten eine beträchtliche Menge Koks erzeugt wird, beträgt der Aufwand an Eisen für den Bau einer Anlage zur Verarbeitung von 1 000 000 t Kohle nur $\frac{1}{3}$ vom Fall 1.

Je t. Mineralöl ist der eigentliche Kohleverbrauch wie der Eisenaufwand bei der direkten Hydrierung etwa ebenso gross wie bei der kombinierten Schwelung und Hydrierung, bei der daneben noch eine grosse Menge Koks erzeugt wird. Man sieht daraus wieder, dass die Aufwendungen für Endprodukte gleicher Qualität bei den verschiedenen Verfahren in der gleichen Grössenordnung liegen. Dies gilt aber nur für den zu Grunde gelegten Teergehalt der oberschlesischen Kohle von im Mittel 10%. Bei geringerem Teergehalt wird der Eisenaufwand für die kombinierte Schwelung steigen.

Der Fall 4 stellt eine Kombination der Steinkohlenschwelung mit einer Destillation und extraktiven Aufarbeitung des Schweltees dar. Hierbei wurde das für diese Kombination günstigste Schwelverfahren, das Heizflächen-Verfahren (BT-Verfahren), herangezogen, das in einer Versuchsanlage in Betrieb ist. Für die Aufarbeitung des Teeres wurden die Zahlen des neu entwickelten Verfahrens von Byk Gulden zu Grunde gelegt.

Man sieht aus dem Schaubild, dass der Schwelkoks wieder das Hauptprodukt darstellt und die Aufarbeitung des Teeres Heizöl, Phenol, Autobenzin und Pech liefert. Der Anfall an leichten Treibstoffen ist verhältnismässig gering.

Das Schwelheizöl entspricht in seinen Qualitäten den Anforderungen der Marine, ist jedoch etwas geringwertiger als das Hochdruckheizöl. Von Bedeutung sind die gewinnbaren Phenole und das bei der Heizflächenschwelung anfallende Schwelgas, das auch wie das Kokereigas als Ferngas verwendet werden kann.

1) Unter Verwendung eines bei der kombinierten Steinkohlenschwelung und Hydrierung gleichzeitig gewinnbaren Brikettiermittels kann auch ein grossstückiger und harter Brikettkoks hergestellt werden. Dieser Koks lässt sich voraussichtlich als Hüttenkoks verwenden, wozu ein Grossversuch in Vorbereitung ist.

III

Um die Analogie zwischen Steinkohlenschmelzung und Hochtemperaturverkokung sinnfällig darzulegen, wurde auch der Fall 5, Kokerei mit anschliessender Teerdestillation, dargestellt, wenn auch dem Neubau von Kokereien im oberschlesischen Revier wegen des Mangels von Kokskohlen Grenzen gesetzt sind.

Der Eisenaufwand auf den Kohlendurchsatz bezogen liegt etwas niedriger als bei der Schmelzung. Während der Vorteil der Kokerei in der Güte des Zechenkokes für die Verhüttung liegt und daneben in der grösseren Kokereigasmenge aber geringerem Teeranfall, zeigt sich die Überlegenheit der Steinkohlenschmelzung in dem dreimal so grossen Ausbringen an flüssigen Produkten. Selbstverständlich wird man Kokskohle wegen des Bedarfes an Hüttenkoks immer verkoken und nicht verschwelen. Die Entwicklung der Schmelzung sollte dahin gehen aus schmelwürdiger Kohle auch Hüttenkoks zu erzeugen.

Die Darstellung hat die charakteristischen Unterschiede der verschiedenen Kohleveredlungsverfahren herausgestellt und zeigt somit, dass ein direkter Vergleich zwischen Hydrierung und Schmelzung nicht vorgenommen werden kann: Die Hydrierung liefert Hochleistungstreibstoffe, während die Schmelzung hauptsächlich Koks erzeugt.

Zurück an
Vorzimmer Dir. Dr. Pier

Vergleichen für Berechnung Unterschiede versch. Stahlwerke Veredlungs-Verfahren

Fall:	1	2	3	4	5
Schmelzverfahren					
Verfahren	Luft-Spaltgas	Luft-Spaltgas	Luft-Spaltgas	Elektro-Verf.	Koks
Einsatz					
Schmelzofen	204 000	128 000	1 520 000	1 200 000	1 000 000
Wärmebedarf					
Energiekosten	2 600	2 040	19 600	14 500 (-)	20 000 (-)
Wärme für Schmelzofen				100 000 (-)	150 000 (-)
E = 7000 kcal/kg					
Austrag					
Schmelzofen	143 000	111 000	1 060 000	935 000	607 000
5 % H ₂ O					
Schmelzofen	18 950	14 900	142 000	94 500	37 000
Schmelzofen					
Schmelzgasverbrauch	102·10 ⁹	79·10 ⁹	790·10 ⁹	560·10 ⁹	1200·10 ⁹

Das ausfallende Gas als Ferngas abgegeben, das Heizgas für die Gussfertigung mit Schwachgasgeneratoren abgefangen werden.

Das ausfallende Gas als Ferngas abgegeben, das Heizgas für die Gussfertigung mit Schwachgasgeneratoren abgefangen werden.

Verfahren	Kohlehydrierung	Kohlehydrierung	Eisenhydrierung	nach Eyr-Galden	durch Destillation
Einsatz					
Hydrierkohle	205 000	205 000			
3% H ₂ O 4% A					
Schmelzofen	18 950	14 200	142 000	94 500	37 000
Eisen aus Koks					
Eisen	5 850	5 900		6 150	10 500
Energiebedarf					
Energiekosten für Kohlehydrierung	234 000	184 000		32 400	oben enthalten
Hydrierkohle u. Eisenhydr.	24 200	19 400	182 000		
E = 7000 kcal/kg					
Wärmebedarf für Kohlehydr.	83 000 (-)	75 000 (-)			1 600
Schmelzgas	102·10 ⁹	79·10 ⁹	290·10 ⁹		
H ₂ -Bedarf für Kohlehydr.	40 000	33 600			
Eisenhydr.	4 300	3 430	23 600		
Eisenhydr.	44 500	37 050	23 600		
Eisenhydr.	20 400	18 500	11 300		
Eisenhydr.	25 900	18 550	12 500		
Eisenhydr.	143 000	111 000	78 600		

Das im schmelzgas der Schwachgasreicht. H₂ aus, sodass nach Schwachgasgeneratoren entfallen werden können.

Das im schmelzgas der Schwachgasreicht. H₂ aus, sodass nach Schwachgasgeneratoren entfallen werden können.

2/17/45

Produktion	1	2	3	4	5	6	7
aus der Schwelerei							
Schwelerei	70			290 000	320 500	357 000	(*)
Überschuss	WE			470 100	506 100 (m) Fergas	520 300 (m) Fergas	(*) als Kohle gutgeschrieben (m) als Fergas abgegeben

aus der Kohlenhydrat- bzw. Teeranarbeitung							
L-Benzol	70	100 000	12 000		17 900	9 200	Leichtöl u. Benzol
Leichtöl	70		50 500		74 300	10 800	
C ₂	70	32 000	20 400				
C ₂	70	7 850	7 400				

aus der Teeranarbeitung							
L-Benzol	70	10 100	14 500	100 000			
C ₂	70	4 500	3 620	25 000			
Phenol	70	750	570	3 900			

aus der Schwelerei Kohle - Teerhd.							
Abwasser Phenole	70	1 120	1 100	1 500	800	400	

Energiebedarf							
für Schwelerei	70	3 700	2 320	27 300	33 100	25 600	
für Kohlenhydrat- bzw. Teeranarbeitung	70	103 000	70 500		650	9 900	
für Teeranarbeitung	70	11 000	8 700	82 000			
Summe	70	117 700	81 520	109 300	27 950	24 500	

Als Wärmeinhalt für die verschiedenen Produkte wurden angenommen:

Kohle H ₂ = 7 000 Kal/kg	L-Benzol = 10 500 Kal/kg	Benzol = 10 500 Kal/kg	Leichtöl = 9 000 Kal/kg	C ₂ = 11 000 Kal/kg
C ₂ = 11 500 Kal/kg	Phenol = 7 500 Kal/kg	Phenol = 500 Kal/kg	Fergas = 5 200 Kal/kg	Benzol aus Teerhd. = 4 400 Kal/kg

Verarbeitung von Primärbitumen auf Schweröl.

Nachdem sich gezeigt hatte¹⁾, dass die zweistufige Verarbeitung von Steinkohle über Primärbitumen auf Benzin und Mittelöl vor allem bezüglich der Vergasung ungünstigere Ergebnisse liefert als die direkte Kohlehydrierung, wurde das Bitumen aus schlesischer Steinkohle versuchsweise im geraden Durchgang gefahren. Diese Fahrweise liess etwas günstigere Ergebnisse erwarten, da es möglich erschien, hierbei höhere Temperaturen anzuwenden, ohne mit der Vergasung die Wirtschaftlichkeitsgrenze zu überschreiten.

Um die Einspritzung pumpfähig zu machen, musste mit Abschlammrückführung 1:0,5 und ausserdem mit Rückführung von Mittelöl 1:0,4 gearbeitet werden. Da der Ofen ruhig lag, konnte die ausserordentlich hohe Reaktionstemperatur von 492° eingestellt werden. Vermutlich ist die Reaktionsträgheit u.a. darauf zurückzuführen, dass die Zähigkeit des Ofeninhaltes keine hohe Kontaktkonzentration entstehen lässt. Deshalb wurden auch verhältnismässig hohe Kontaktmengen (2,0 % Eisen-Grude + 0,2 % Sulfigran) angewendet.

Der Versuch verlief im wesentlichen störungsfrei. Es wurde die Leistung 0,8 bei 15,9 % Vergasung erzielt (s. anliegende Tabelle), wobei der Ölgewinn zu 47 % aus Schweröl bestand. Das Abstreifer-schweröl ist wesentlich weniger viskos als das aus Steinkohle (s. Tabelle 2), in den übrigen Heizöleigenschaften sind beide Produkte identisch.

Nachstehend wird die zweistufige Arbeitsweise mit der direkten Kohlehydrierung auf Schwerölüberschuss (alles bei 600 atm) verglichen.

	Stufe I Extrakt-Hy- drierung	Stufe II Hydr. v. Primär- bitumen	Stufe I + II	Direkte Kohlehydra- rierung auf 35% Schwer- öl + Ölgem.
Es entstehen aus	1000 kg KK	637 kg Primärbit.	1000 kg KK	1000 kg KK
Benzin	53	80	133	134
Mittelöl	108	182	290	301
Schweröl	-	233	233	235
Primärbitumen	637	-	-	-
Ölgewinn gesamt	161	495	656	670
Ölgewinn-Leistung	0,135	0,811	0,473	0,670
Vergasung a. Ölgew. + Verg. %	34,5	15,9	20,1	20,0

1) Zusammenstellung 207361 Hu v. 27.10.42.

Durch die zweistufige Verarbeitung der Steinkohle auf Heizöl stellen sich also bestenfalls praktisch dieselben Ergebnisse ein wie bei der direkten Kohlehydrierung auf 35 % Schweröl. Die direkte Hydrierung, die bessere Möglichkeiten zur Änderung der Ölgewinnverteilung bietet, dürfte daher auch bei der Schwerölfahrweise vorzuziehen sein.

gez. Hupfer

Tabelle 1.

Prüfleistungen aus schlesischer Steinkohle
erfahren auf Schwerölüberschuss.

Druck	atm	500
Kontakte	8502 (Eisen-Grunde alkal.) a Frischöl % 6703 (Sulfidig.) " " %	2,0 0,2
Rückführung	Frischöl-Hitze % Frischöl-Rückschmelze %	1,0 1,0
Temperatur	Schlange °C Ofen °C Abschneider °C	250 492 473
Durchsatz	kg Frischöl/Ltr. Ofenvolumen/Std. Gas cbm/kg Frischöl Ofenrührerzahl / Min.	1,04 3,1 40
Kohlensaure	aus/ein %	39,7
Ausbeute	wasserfrei auf Reinfischöl - H ₂ -Verbrauch %	99,6
Prakt. Ölgehalt	auf Reinfischöl %	77,8
darin	Benzin 200 % Mittelöl 200-325° % Schweröl %	18,2 58,8 47,0
Prakt. Ölgehalt	Leistung	0,811
Vergasung	a. prakt. Ölgehalt Vergasung	15,9
Vergasung	C ₂ + C ₃ des Frischöls % davon als CO % " " CO ₂ %	5,6 0
Feststoff	Benzol % " Petrolin Kresol %	0,4 80,6
Asphaltabbau		93,0
Wasser	aus Frischöl % Wasserbildung a. Frischöl %	17,7 2,9
Ofen		451
Tag		12, 14. u. 15. 12. 41

Tabelle 2.

Heizöleigenschaften.

Schwartzl über 525^o aus Abstreifer + Schwelöl.

		aus Primärbitumen	aus schlesischer Steinkohle ¹⁾
spez. Gewicht/50 ^o		1,048	1,047
Stoßpunkt	°C	45	45
Flammpunkt	°C	185	182
Siedepunkt	°C	225	226
Konstanz	%	2,0	1,4
Asphalt	%	0,9	2,3
Asche		Spuren	Spuren
Viskosität 2/50 ^o		9,30	18,5

21. 7. 1941. Be/Pf.

Zurück an
Besprechungsbericht Vorzimmer Dir. Dr. Pier

über die Erfahrungsaustauschsitzung in Pölitz am 8.7.1941
betreffend Hygasspaltung.

Anwesend: Dr. Wissel, Dr. Hüttner,
Dr. v. Holste von Pölitz
Dr. Müller von Blumencron,
Dr. Peukert, Dr. Schilling von Rheinbraun
Dr. Schäfer, Dr. Wegmann von Mineralölbau
Dr. Schiller, Dr. Bäuerle
Dr. Becker von I.G. Lu.

Zweck der Besprechung war die Erfahrungen der Hygasspaltung von Pölitz für die Neuanlage in Wesseling zu verwerten und für den Bau zukünftiger Anlagen zu benutzen.

Die Hygasspaltanlage besteht aus 12 Einheiten zu je 66 Rohren.

Die Hygasspaltung in Pölitz hat von allen Betrieben am wenigsten Schwierigkeiten gemacht. Bei Störungen im Hochdruck oder der Destillation hat die Spaltanlage die Gasschwankungen immer aufnehmen und puffern müssen. So kamen Perioden, in denen $C_3 + C_4$ fast 100 %ig, verarbeitet werden mußte.

Die Gase der Kohle- und Benzolphase werden nach Arm- und Reichgas unterteilt zusammengeleitet. Das Reichgas wird bei 5 atm mit Alkazid entschwefelt. Am Ausgang beträgt der Schwefelgehalt ca. 40 mgr/m³. Das Armgas wird bei 25 atm mit Alkazid entschwefelt. Am Ausgang beträgt der Schwefelgehalt gleichfalls etwa 40 mgr. Das Reichgas wird dann auf 25 atm komprimiert und gelangt in die Treibgasanlage. Die Restgase hieraus werden zusammen mit dem Armgas in je zwei 100 m³ Kugelbehälter für 25 atm Druck gestapelt. Das Gas wird hieraus entspannt und unter 5 atm über Lautmasse gereinigt bis auf einen anorganischen Schwefelgehalt von 1-2 mgr. Wenn der Schwefelgehalt bis auf 2 mgr steigt, wird die Lautmasse

immer wieder regeneriert. Die Haltbarkeit der Lautmasse hängt von der Schwefelaufnahme ab. Es wird insgesamt eine Aufnahme von mindestens 20 % bis zu 40 % des eigenen Gewichts erwartet.

In Pölitz hat sich herausgestellt, daß an den Stellen der Leitungen sich Kondensate von Kohlenwasserstoffen ansammeln. Deshalb sind dort Abscheider vorzusehen.

Die organische Schwefelreinigung erfolgt über Bayermasse (statt verdünnt) und Zinkoxyd. Vorher wird das Gas über Wärmeaustauscher, in denen es auf 400° erhitzt wird, geleitet. Überraschenderweise ist der Gehalt an organischem Schwefel in den Hygasen in Pölitz außerordentlich niedrig. Er betrug bisher nur 10 - 12 m.r., mit Schwankungen darüber und darunter. Bei völlig konstantem Fahren im Hochdruck sind merkwürdigerweise starke im organischen Schwefelgehalt gefunden worden. Der Grund konnte bisher nicht gefunden werden. Die Analysenmethode (Fällung mit Bariumsulfat) ist jedoch auch noch unbefriedigend. Es fehlt auch eine zuverlässige Schnellmethode. In Oppau wird als qualitative Schnellmethode die Bräunung von Bleiacetatpapier benutzt. Von der Betriebskontrolle Lu wird ein Apparat für laufende Messungen entwickelt.

Der Gesamtschwefelgehalt (organ. + anorgan.) im Hygas für Eingang in die Spaltung soll unter 10 mgr liegen. Ein höherer Schwefelgehalt macht sich in allen Indikatoren (geringere Leistung, höherer CH_4 -Gehalt im Spaltgas) gleich unangenehm bemerkbar. In Pölitz sind je 2 Türme mit Bayermasse und 2 Türme mit Zinkoxyd zusammengeschaltet, dann folgt ein Turm in dem schichtweise Bayermasse und Zinkoxyd eingefüllt sind. Auf Grund der Erfahrungen der IOI sollte dieser Turm bei irgendwelchen Störungen das Durchbrechen von Schwefel vermeiden. In Pölitz ist diese Anordnung übernommen; ob dieser letzte Turm noch Zweck hat, kann Pölitz nicht beurteilen. Die organische Schwefelung arbeitet in Pölitz bis auf 5 mgr, schwankend zwischen 3 und 7 mgr, je nachdem ob im Ausgangsgas 8 bis 15 mgr organischer Schwefel enthalten sind. Wenn Bestandteile im Hygas enthalten sind (Bestimmung mit Formaldehyd) ist die Entschwefelung schwer.

Das Hygas, welches zur Zeit verarbeitet wird, hat ein mittleres C von 2,0. Es enthält 25 - 30 % Kohlenwasserstoffe und 60% H_2 . H_2 ca. 6000. Anfänglich enthielt das Gas kein CH_4 , da nur die Gasphase in Betrieb war. Reines C_4H_{10} wurde noch nicht gefahren, aber wohl bis zu 20 % C_4H_{10} . Zur Zeit enthält das Gas 5-10% Etan.

Die Spaltanlage wurde angefahren mit einem H_2O - Dampfüberschuß von 300 %, dann auf 200 % zurückgenommen. Z. Zt. werden 130 % für den Dauerbetrieb gefahren. Zu Beginn trat eine Kontaktschrumpfung ein von ca. 10 %. Die Röhre wurden deshalb anfangs ziemlich hoch gefüllt. Drucksteigerungen durch Kontaktstaub sind bisher nicht aufgetreten. Die Druckdifferenz in den Ofen beträgt etwa 0,9 atm. Die Lebensdauer des Kontaktes ist sehr lang. Die amerikanischen Kontakte waren bis 1933 noch nicht ausgewechselt worden, sondern nur nachgefüllt.

Der CH_4 -Gehalt im Spaltgas lag bisher immer günstiger als 2%. Es wurde bei einer Spalttemperatur von 750° nur 0,4 % CH_4 bestimmt; ein anderer Ofen, der etwa ein Jahr in Betrieb war, arbeitete auf 0,8 % CH_4 . Mit neuem Kontakt wurde bei 690-700° nur 1 % CH_4 gefunden.

Alle Versuche haben gezeigt, daß das $CO : CO_2$ - Verhältnis dem Wasserdampfgleichgewicht folgt. Bei 130 % H_2O -Überschuß liegen die Konzentrationen jetzt bei 7-8 % CO_2 und 11-12 % CO . Ein hoher CO -Gehalt ist wichtig, um die Konvertierungsöfen am Leben zu halten. Im Gemisch mit Wassergas konnte im Winter noch bei 18 % CO , im Sommer sogar herunter bis zu 16 % CO (wegen geringerer Abstrahlung) die Konvertierung gefahren werden.

gez. Becker

General

XIV

(2)

f. Müller
Göttinge

P. W. Putschkow:

Über destruktive Hydrierung.

Übersetzung aus:

Bull. Acad. Sci. URSS
1937, Seite 481-500.

P. W. Putschkow:

Über destruktive Hydrierung.

Die Arbeit ist der Frage über destruktive Hydrierung in flüssiger Phase gewidmet. Auf Grund der thermodynamischen Daten und des experimentellen Materials für die charakteristischen Reaktionen, die unter den Bedingungen des Prozesses verlaufen, wird in der Abhandlung die Hypothese über den Mechanismus der Kohlenwasserstoff-Zersetzung aufgestellt und die Richtung des Prozesses bei verschiedenen Bedingungen der Hydrierung besprochen.

In den früher veröffentlichten Arbeiten (1,2) wurden in gekürzter Form die Ergebnisse der Untersuchung über destruktive Hydrierung von individuellen Kohlenwasserstoffen verschiedener Klassen mitgeteilt. Auf Grund dieser Daten und eigenen experimentellen Materials wurden einige allgemeine Schlußfolgerungen über den Charakter und die Richtung der einzelnen Reaktionen, die bei 150 - 250 Atm. Druck und 420 - 450^{ver-}°C laufen, gemacht.

Zum Zwecke der Weiterentwicklung dieser Schlußfolgerung sowie zur Klärung einiger Besonderheiten der destruktiven Hydrierung der schweren Kohlenwasserstoff-Gemische hält es der Verfasser für notwendig, sich zusätzlich mit einigen charakteristischen und wesentlichen Reaktionen, die unter den Bedingungen des Prozesses laufen, zu befassen und ihnen die thermodynamische Grundlage zu geben.

Für diesen Zweck wurden die Daten von Parks und Huffmann (3) über die freien Energien verschiedener Kohlenwasserstoffe, die von ihnen nach dem dritten-Satz der Thermodynamik aus den Verbrennungswärmen und den spezifischen Wärmen der Kohlenwasserstoffe in der Nähe des absoluten Nullpunktes berechnet wurden, ausgenutzt. Die Genauigkeit der auf diesem Weg berechneten freien Energien bei 298,1°K ist hauptsächlich durch die Genauigkeit der Bestimmung der Heizwerte der Kohlenwasserstoffe beschränkt und beträgt 2 - 3 Cal. pro Mol. In beträchtlich geringerem Maß können die Fehler in $\Delta F^\circ_{298,1}$ durch die Extrapolation der spezifischen Wärmen von 90°K bis zum absoluten Nullpunkt bedingt sein \times).

Nach den Daten der spezifischen Wärmen einiger Kohlenwasserstoffe in gasförmigem Zustand, den latenten Verdampfungswärmen und dem Dampfdruck wurden von Parks und Huffmann annähernde Gleichungen der freien Energie der Bildung der Kohlenwasserstoffe aus den Elementen bei Drucken der Komponente von 1 Atm. (ΔF°) als Funktion der Temperatur abgeleitet, die es erlauben, durch Kombination ^{derselben} die freien Energien für einige Umwandlungen der Kohlenwasserstoffe zu berechnen. Die unten angeführten Gleichungen sind teilweise unmittelbar aus der Monographie entnommen, teilweise aber nach den darin vorhandenen Daten berechnet.

\times) Die nach der Drucklegung dieser Monographie erschienenen Arbeiten zeigen in einigen Fällen - für paraffinische Kohlenwasserstoffe (4) und Naphtalin (5) - freie Energien, die um etwa 2 Cal. größer sind. Diese Korrekturen müssen bei genauen Berechnungen berücksichtigt werden.

Zerfall von aromatischen Kohlenwasserstoffen.

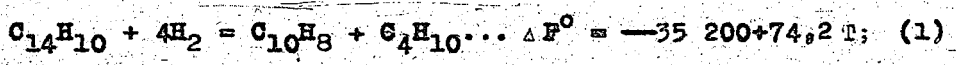
1) Kondensierte aromatische Kohlenwasserstoffe.

Auf Grund der in der Literatur vorhandenen Angaben (6, 25) zerfallen die kondensierten aromatischen Kohlenwasserstoffe bei 440 - 480° unter hohem Wasserstoffdruck unter Bildung von niedermolekularen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Benzol und seine Homologen und gewisse Mengen naphthenische Kohlenwasserstoffe, die als Folge der vollständigen Hydrierung der aromatischen Kohlenwasserstoffe entstehen. Die Menge der naphthenischen Kohlenwasserstoffe steigt mit der Erniedrigung der Temperatur der Hydrierung (7). Der Zerfall der kondensierten Aromaten erfolgt nach den Untersuchungen von H. A. Orlov (6) nach dem Schema: Hydrieren des Außenringes, ^{sein Zerfall,} Hydrieren des folgenden Ringes, sein Zerfall usw., bis zur Bildung von monozyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Unter den angewandten Bedingungen kann dieses Zerfallschema, nach den erhaltenen Produkten zu urteilen, als Haupt- oder bevorzugte Richtung angesehen werden.

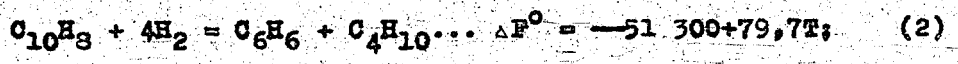
Neben einem solchen Verlauf der Reaktion unter den Bedingungen der destruktiven Hydrierung kann auch eine andere davon verschiedene Richtung des Prozesses angenommen werden. Die in der Literatur vorhandenen Angaben (8) erlauben es, die Möglichkeit der vorherigen Hydrierung nicht des Außen-, sondern des Mittelringes oder einer der Innenringe (z.B. für das Anthrazen-Phenanthren die Bildung von Dihydro-Anthrazen-9, 10 und Dihydro-Phenanthren-9, 10) zuzulassen. Dies muß stattfinden

bei ungenügender Aktivität des Hydrierkatalysators oder bei ungeeigneten allgemeinen Bedingungen zur völligen Anlagerung von Wasserstoff. In diesem Fall kann angenommen werden, daß der Einfluß der hohen Temperatur die Sprengung des mittleren Ringes hervorrufen muß und bei aus drei Ringen bestehenden Kohlenwasserstoffen zur Bildung von zwei Molekülen monozyklischer Aromaten führen wird. Die Untersuchung von W.N. Chadshinow (9) über die Hydrierung von Roh-Anthrazen zeigen in gewissem Sinne die Möglichkeit dieses Reaktionsverlaufes. Bei richtiger Auswahl des Katalysators und ^{der} Bedingungen kann der Prozeß der Hydrierung unter Spaltung des mittleren Ringes die vorherrschende Bedeutung im gesamten Zerfall der polyzyklischen Aromaten erhalten.

Die Reaktion der stufenweisen Hydrierung und des Ringzerfalls nach dem ersten Schema kann für Anthrazen durch folgende zwei chemische Gleichungen, denen die in der rechten Seite angeführten freien Energien entsprechen (1) und (2), ausgedrückt werden:

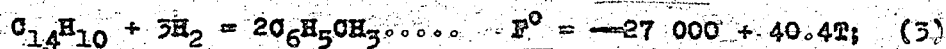


$$\lg \frac{p_{C_{10}H_8} p_{C_4H_{10}}}{p_{C_{14}H_{10}}} = \frac{7700}{T} - 15,8 + 4 \lg p_{H_2} \quad (1a)$$

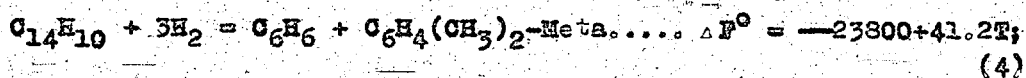


$$\lg \frac{p_{C_6H_6} p_{C_4H_{10}}}{p_{C_{10}H_8}} = \frac{11\ 200}{T} - 17,4 + 4 \lg p_{H_2} \quad (2a)$$

Die Reaktion der Hydrierung und der Spaltung des mittleren Ringes in Anthrazen kann durch folgende Gleichungen (3) und (4) ausgedrückt werden:



$$\lg \frac{p^2 C_6H_5CH_3}{p C_{14}H_{10}} = \frac{5900}{T} - 8.8 + 3 \lg p H_2 \quad (3a)$$



$$\lg \frac{p C_6H_6 \cdot p C_6H_4(CH_3)_2}{p C_{14}H_{10}} = \frac{5200}{T} - 9.0 + 3 \lg p H_2. \quad (4a)$$

Die Gleichung der freien Energie der Hydrierung und der Spaltung des Anthrazens zeigen, daß dieser Prozeß unter dem Partialdruck der Komponente von 1 Atm. bei ^{niedrigen} ~~anderen~~ Temperaturen verlaufen muß; die Erhöhung der Temperatur ruft die Erniedrigung der entstehenden freien Energie hervor. Wie aus der nebenstehenden Darstellung der Gleichungen in der Figur 1 zu ersehen ist, werden die freien Energien der Reaktion bei 500-700°K gleich Null.

Ordinate freie Energie in cal./Mol.

Abszisse Temp. in °K

Figur 1: Die freie Energie in ΔF^0 der Zerfallsreaktion in Gegenwart von Wasserstoff.

Wird in dieser Gleichung anstatt ΔF^0 sein Wert aus $\Delta F^0 = RT \ln K_p$ eingesetzt und die Gleichung in der Richtung der Partialdrucke der Kohlenwasserstoffe gelöst, so erhält man die annähernde Beziehung zwischen denselben und dem Wasserstoffdruck. Die graphische Darstellung dieser Gleichungen ist in der Figur 2 gegeben. Die Gegenüberstellung der zwei möglichen Schematas des Zerfalls zeigt, daß thermodynamisch die Hydrierung und der Zerfall des mittleren Ringes wahrscheinlicher bei erhöhter Temperatur und infolge der geringeren Abhängigkeit vom Druck bei geringem Wasserstoffdruck sind.

2) Monozyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.

Die monozyklischen Aromaten können unter hohem Wasserstoffdruck bei 440-480°C in zwei folgenden Richtungen Veränderungen erleiden:

erstens: Hydrierung und somit die Umwandlung in Naphtene

zweitens: Zerfall unter Abspaltung der Seitenkette¹⁾.

Die Arbeiten von F. Hofmann und K. Lang⁽¹⁰⁾ sowie K. Laidler und A. Szayna⁽¹¹⁾, die das Verhalten von Benzol und Toluol unter hohem Wasserstoffdruck bei Temperaturen von 460° und höher untersuchten, zeigen, daß die Reaktion des ersten Typs (Hydrierung des Ringes) eine sehr beschränkte Bedeutung sogar bei Anwesenheit eines Katalysators (MoS_2) aufweist. Es wurden z. B. bei 490° und 110 Atm. Wasserstoffdruck (Anfangsdruck) von

1) Die Möglichkeit der Kondensation der aromatischen Kohlenwasserstoffe in bi-zyklische KW unter hohem Wasserstoffdruck ist praktisch vollständig ausgeschaltet⁽¹⁵⁾.

Laidler und Szayna in den Produkten der Hydrierung von Benzol und Toluol nur 3,5 - 5 % naphthenische Kohlenwasserstoffe gefunden. Nur unter besonderen Bedingungen (für Benzol-Homologen bei nicht zu hoher Temperatur) mit aktiven Katalysatoren können aromatische Kohlenwasserstoffe in entsprechende naphthenische umgewandelt werden (12). Mit weniger giftfesten aktiven Katalysatoren verläuft der Prozeß langsam, bedeutend langsamer als bei Poly-Aromaten (13).

Für die destruktive Hydrierung der monozyklischen Aromaten beschränkt sich die Richtung der Reaktion im wesentlichen oder fast ausschließlich auf die Abspaltung von Seitenketten, in Abhängigkeit von der Länge der Kette und den Bedingungen des Prozesses mehr oder weniger leicht verläuft.

Die Beständigkeit dieser Kohlenwasserstoffe fällt mit dem Wasserstoffdruck stark ab. Nach den vorhandenen Angaben erscheint das Toluol unter den Bedingungen des Kracking und der Pyrolyse als sehr beständiger Kohlenwasserstoff (14). Unter

Das Verhältnis d. Produkts, der Partialdrücke, der Zerfallsprodukte u. des Partialdrucks des Ausgangs-KW

Abszisser Partialdruck des Wasserstoffs in Atm.

Figur II: Einfluß d. Wasserstoffdruckes auf d. Gleichgew. d. Zerfallsreaktion bei 723°K

den Bedingungen der destruktiven Hydrierung aber spaltet das Toluol die Methylgruppe schon bei 460°C ab. Nach Angaben von Lang (15) ergibt das Toluol bei 470°C etwa 28 % Benzol. Laidler und Szayna (11) erhielten bei

der Hydrierung von Toluol bei 490°C 25 % Benzol.

Eine ähnliche Schwächung der Bindung des aromatischen Ringes mit der Seitenkette (oder die Schwächung der naheliegenden C-C-Bindungen) muß auch bei den höhermolekularen aromatischen Kohlenwasserstoffen vorliegen. Ihre Zersetzung ergibt aber ein komplizierteres Bild, was durch die geringere thermische Beständigkeit der langen Seitenkette, deren Zerfall fast mit der gleichen Leichtigkeit erfolgen kann wie der von den paraffinischen Kohlenwasserstoffen, hervorgerufen wird.

Die Arbeit von Isidler und Szayna (11), die den Zerfall von Phenyl- n-Oktadekan unter Wasserstoffdruck bei Temperaturen von 440, 470 und 490°C behandelte, zeigt, daß das Abspalten der Kette vom Ring unter der Bildung von Benzol in geringerem Grade verläuft. Die Menge Benzol in den Zersetzungsprodukten ist gering und bedeutend kleiner als die der Aromaten von höherem Molekulargewicht. (Von dieser Menge ist noch ein Teil des Benzols als Folge des sekundären Zerfalls gebildet.)

Die größte Menge Aromaten konzentriert sich in den Äthylen-, Benzol- und Toluol-Fractionen. Bei der Erhöhung der Temperatur bis 470 und 490°C erfolgt neben der Steigerung des Aromatengehalts in den bezeichneten Fractionen auch Vergrößerung der Benzol-Fraktion.

Somit besteht im Zerfall von niedrig- und hochmolekularen monozyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ein bestimmter Unterschied, der durch die Beeinflussung durch die

lange Seitenkette, die bis zu einem gewissen Grad den paraffinischen Kohlenwasserstoffen ¹⁾ analog zerfällt, bedingt ist. In beiden Fällen besteht aber fast die gleiche Beziehung zwischen der Festigkeit der Bindung der ^{Ring} am dem benachbarten Kohlenstoffatome und dem Wasserstoffdruck.

Diese am stärksten charakteristische Seite des Verhaltens von aromatischen Kohlenwasserstoffen unter Wasserstoffdruck bestätigt völlig die thermodynamischen Daten für diese Reaktionen, was aus dem Vergleich der freien Energie der Reaktion des Toluol-Zerfalls in Benzol und Methan zu ersehen ist:



$$\lg \frac{p_{\text{C}_6\text{H}_6} \cdot p_{\text{CH}_4}}{p_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3}} = \frac{2130}{T} + 0.5 + \lg p_{\text{H}_2}. \quad (5s)$$

Die Gleichung zeigt, daß diese Reaktion bei allen Temperaturen verlaufen kann. Mit der Erhöhung der Temperatur steigt die negative freie Energie des Zerfalls an.

Zerfall von naphthenischen Kohlenwasserstoffen.

Die kondensierten naphthenischen Kohlenwasserstoffe zerfallen, wie die vorhandenen Arbeiten ⁽¹⁸⁾ zeigen, bei hoher Temperatur und unter Wasserstoffdruck leichter als die entsprechenden aromatischen Kohlenwasserstoffe und erscheinen oft als Zwischenprodukte des Zerfalls der letzteren. Die dabei er-

1) unter den gewöhnlichen Bedingungen am wenigsten beständig (siehe weiter unten)