

I.G.Farbenindustrie Aktiengesellschaft  
Ludwigshafen am Rhein  
Technischer Prüfstand Op.200  
Bericht Nr. 342.

c = 0

I-82

Vorläufiger Bericht

über

Versuche mit Zündkerzen bei Motalinbetrieb.

28836

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Zusammenfassung	1
Zweck der Versuche	2
Versuchsdurchführung	2
Verhalten der Zündkerzen im Betrieb	4
Auswertung	5

---

Vorbefundener Bericht:

über

Versuche mit Zündkerzen bei Motalinbetrieb<sup>†)</sup>

Zusammenfassung.

Im Einzylinder- und Mehrzylindermotor wurden bei Motalinbetrieb Zündkerzen verschieden lang, teilweise bis zum Aussetzen gefahren. Der Isolationswiderstand dieser Zündkerzen wurde dann in Abhängigkeit von der Temperatur ermittelt und mit den Widerstandswerten der neuen Kerzen verglichen. Kurzzeitig gefahrene Kerzen zeigen dabei nur unbedeutende Unterschiede, während bei länger benutzten Kerzen eine Verschlechterung des Isolationswiderstandes festzustellen ist, die allerdings nicht so groß ist, daß sich daraus ein Aussetzen der Kerzen am Motor erklären läßt. Vielmehr scheint das Aussetzen durch eine Veränderung des elektrischen Feldes, die der Eisenoxydbelag zur Folge hat, bewirkt zu werden, unter deren Einfluß der Funken aus seiner ursprünglichen Bahn abgelenkt wird und allmählich Funkenbahnen am Isolator entlang schafft. Es besteht auch

<sup>†)</sup> Unter Motalin ist hier Leuna-Benzin 87/13 (alkoholhaltig) mit Eisenkarbonylsatz verstanden.

die Möglichkeit, daß der im Laufe des Betriebs zusammengebackene Eisenoxydbelag ein Heißenwerden der Zündkerze nach sich zieht und so den Isolationswiderstand der keramischen Masse (negativer Temperaturkoeffizient) noch weiter herabsetzt.

Weitere Versuche, die im Gange sind, sollen hier Klarheit schaffen.

### Zweck der Versuche.

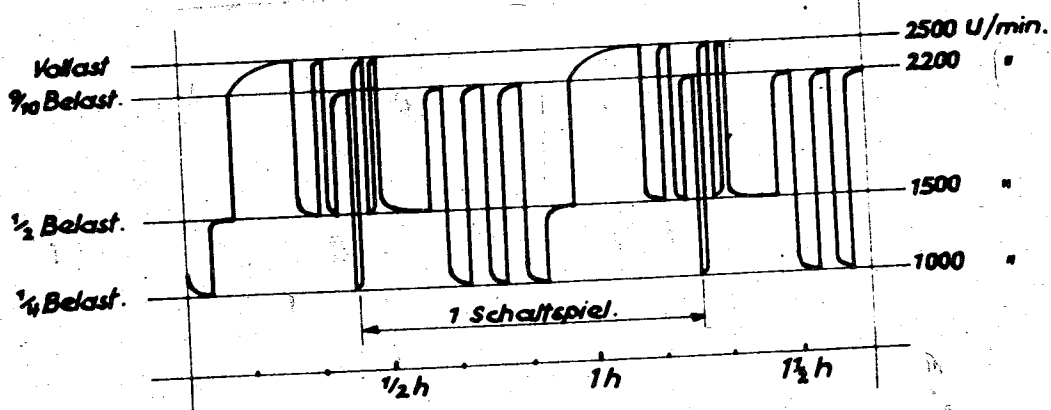
Bei Verwendung von mit Eisenkarbonyl versetztem Benzin im Motor treten vielfach Störungen an den Zündkerzen auf. Umfang und Häufigkeit der Störungen hängen von der Menge des dem Benzin zugesetzten Eisenkarbonyls ab, das im Motor zu staubförmigen, roten Eisenoxyd verbrennt und sich so im Verbrennungsraum und auf die Zündkerzen niederschlägt. Während frühere Erfahrungen auf der Verwendung von 0,1% und mehr Eisenkarbonyl beruhen, haben diese Versuche den Zweck, das Verhalten der (in der Zwischenzeit besser gewordenen) Zündkerzen bei geringeren Zusätzen zu zeigen und über den Grund ihres Versagens Aufschluß <sup>zu</sup> geben.

### Versuchsdurchführung.

Es wurde von der Annahme ausgegangen, daß der Widerstand des Isolators im Laufe der Zeit durch den Eisenoxydbelag schlechter wird und zuletzt zum Aussetzen führt, in-dem der Zündstrom erst teilweise, nach und nach immer mehr über den schlechter werdenden Isolator weg zur Masse fließt, wodurch die Überschlagespannung an den Elektroden so abfällt, daß schließlich kein Funken mehr zustande kommt. Es galt nun, verschieden lang bei Notalinbetrieb gefahrene Kerzen auf ihren Isolationswiderstand zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden zwei 500 ccm Hanomag = Einzylinder- und drei Opel 1,2 ltr Vierzylinderactoren unter Verwendung von Bosch- und

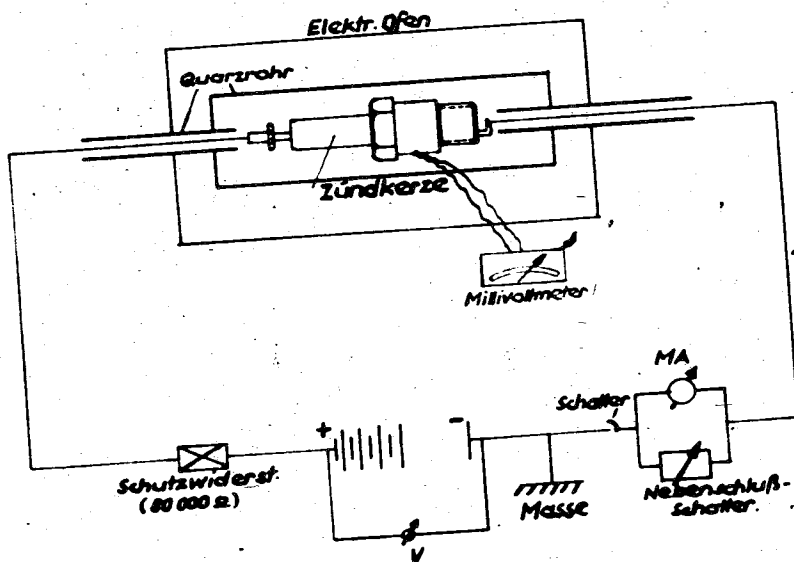
und Stanzkernen verschieden lang betrieben und danach der elektrische Widerstand der Kerzen gemessen. Die verwendeten Kerzen waren Bosch DA 175 92 mit Spezialisolator (2 grüne Ringe) und Siemens Sinterkorankernen A2 30. Diese Kerzen wurden aufgrund früherer Erfahrungen gewählt, wonach Kerzen mit höherem Glühwert bei Motalbetrieb längere Lebensdauer haben. Als Kraftstoff wurde Leuna-Benzin 87/15 genommen, dem bei einigen Versuchen 0,2 und 0,1% Eisenkarbonyl, bei den meisten jedoch 0,05% zugesetzt wurde. (S. 11)

Die Hanomag-Motoren und ein Opel-Motor liefen mit Vollast bei 2000 U/min, während die zwei anderen Opel-Motoren mit Wechsellast liefen. Diese Belastungsart, die aus untenstehendem Diagramm ersichtlich ist, wurde in Nachahmung des praktischen Fahrbetriebs gewählt. Die dabei verwendeten Kerzen zeigten in derselben Zeit einen dickeren Eisenoxydbelag als die bei Vollast benutzten. Die ersten Störungen traten bei beiden Belastungsarten etwa zur selben Zeit ein, nur daß sie bei Wechsellastbetrieb auf Brückenbildung zurückgingen, während bei Vollastbetrieb Funkenbahnen die Urdache waren. Was die Kühlwassertemperatur anbetrifft, so betrug sie bei den Hanomag-Motoren 100°C, bei Vollast der Opel-Motoren 80 - 90°C und bei Wechsellast der Opel-Motoren 70 - 90°C entsprechend der jeweiligen Belastung.



Wechsellastbetrieb am 1,2 hr  
Opel - Motor.

Die Ermittlung des elektrischen Widerstandes der Kerzen, die an eine Gleichspannung von 100 bis 240 Volt bei den ersten Messungen und von 500 Volt bei späteren Messungen angeschlossen waren, geschah durch Strom- und Spannungsmessung bei von 200 bis ca. 500°C steigender und wieder abfallender Temperatur mittels der durch nachfolgende Skizze dargestellten Meßanordnung. Die zu messende Kerze wurde dabei in einem elektr. Ofen in Luft erhitzt, nachdem Versuchs, die Kerze in Stickstoff (bei 12 atü) zur Vermeidung von Oxydationserscheinungen zu erhitzen, keine anderen Resultate geliefert hatten.



Schaltung zur Ermittlung des Isolationswiderstandes von Zündkerzen.

### Verhalten der Zündkerzen im Betrieb.

Die Laufzeiten der Kerzen, die bis zum Ansetzen gefahren wurden, zeigt Blatt 1 (TLD 1751). Bei Eisenkarbonylnachätzen von 0,2 und 0,1% (Kerzen 11, 12, 7 und 11-14) waren schon nach kurzer Zeit Störungen bemerkbar, die dadurch eintraten, daß sich das Eisenoxyd zwischen die Elektroden setzte und so das Zustandekommen des Zündfunken verhinderte. Auch bei 0,05% Zusatz rührten die ersten Ansetzer meist von derselben Erscheinung her. Entfernte man die Eisenoxydbrücke zwischen den Elektroden, so ging die Kerse wieder, allerdings bedeutend weniger lang als vorher. Die jetzt einsetzenden Störungen scheinen auf Funkenbahnen am Isolator zurückzuführen zu sein, über die der Funke am Isolator entlang nach der Masse überspringt. Dieses Verhalten konnte des Öfteren im Bosch-Kerzenprüfgerät beobachtet werden. Allerdings waren diese Funkenbahnen vor der Prüfung im Boschgerät nicht sichtbar; es ist jedoch anzunehmen, daß sie wohl da waren, aber durch Eisenoxydstaub verdeckt waren.

Einige Kerzen wurden nach der ersten Störung durch Brückenbildung mehr oder weniger gründlich gereinigt, aber auch das konnte nicht verhindern, daß sie nach verhältnismäßig kurzer Zeit wieder aussetzten.

### Answertung.

Von ca. 40 gemessenen Bosch- und Siemenskerzen, deren elektrischer Widerstand teils neu, teils mehr oder weniger lang gefahren, gemessen wurde,

sind nachfolgend einige charakteristische Fälle behandelt.

Zündkerzen haben wie alle keramischen Massen negativen Temperaturkoeffizienten, d.h. der Widerstand wird mit steigender Temperatur geringer. Auf Blatt 2 (TLD 1752) sind in Abhängigkeit von der Temperatur Siemens- und Boschkerzen der untersuchten Art einander gegenübergestellt. Es handelt sich dabei um neue, im Motor noch nicht gefahrene Kerzen. Während die Bosch-Kerzen unter sich gleichen Verlauf zeigen - die Kurven könnten noch vermehrt werden - zeigen die Siemens-Kerzen große Unterschiede unter sich und gegenüber den Boschkerzen, indem sie bedeutend höheren Isolationswiderstand zeigen und in dem Aufheizungs- und Abkühlungskurve beträchtlich auseinanderfallen. Daß dieser Widerstand während des Betriebes stark abfällt, zeigt die Kerze 52 (Blatt 3 TLD1753), die nach 315 Stunden Betrieb von  $130 \text{ M}\Omega$  bei  $500^\circ$  auf  $10 \text{ M}\Omega$  abfällt und damit fast so tief wie die ebenso lang gefahrenen Bosch-Kerzen 17 und 18 liegt. Auch die Siemens-Kerze 51 zeigt einen ähnlichen Abfall. Die auf Blatt 4 (TLD 1754) dargestellten Kerzen 53 und 20 zeigen bei  $300^\circ\text{C}$  nach 233 bzw. nach 206 Stunden Laufzeit einen eigenartigen Knick und es lag die Vermutung nahe, daß in dem Zündkerzenbelag aus Eisenoxyd eine Umwandlung bei  $300^\circ$  vor sich geht, sei es daß er eine andere Kristallform annimmt, oder daß sich der Belag in eine andere Oxydform verwandelt, oder daß eine vorhandene Ausrichtung (Orientierung) der Belagteilchen bei dieser Temperatur zerstört wird. Die Röntgenographische Untersuchung, die sowohl an von Zündkerzen entfernten Eisenoxydstaub, als auch an Zündkerzen wie sie aus dem Motor kamen, vorgenommen wurde, ergab jedoch, daß der Staub sowohl vor als auch nach der Erhitzung auf über  $300^\circ$  ausnahmslos  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  ist ohne irgendwelche Orientierung. Die Ursache, die zu dem Knick in der Widerstandskurve führt, muß also in Veränderungen im Isolationsmaterial liegen



- 7 -

Dasselbe gilt auch für das Auseinanderfallen der Aufheizungs- und Abkühlungskurven (Blatt 3 und 4), das vielleicht z.Teil auf den Unterschied zwischen tatsächlicher und gemessener Temperatur zurückgeführt werden kann. Dieser Unterschied wirkt sich so aus, daß beim Aufheizen eine zu niedrige Temperatur und beim Abkühlen eine zu hohe Temperatur gemessen wird.

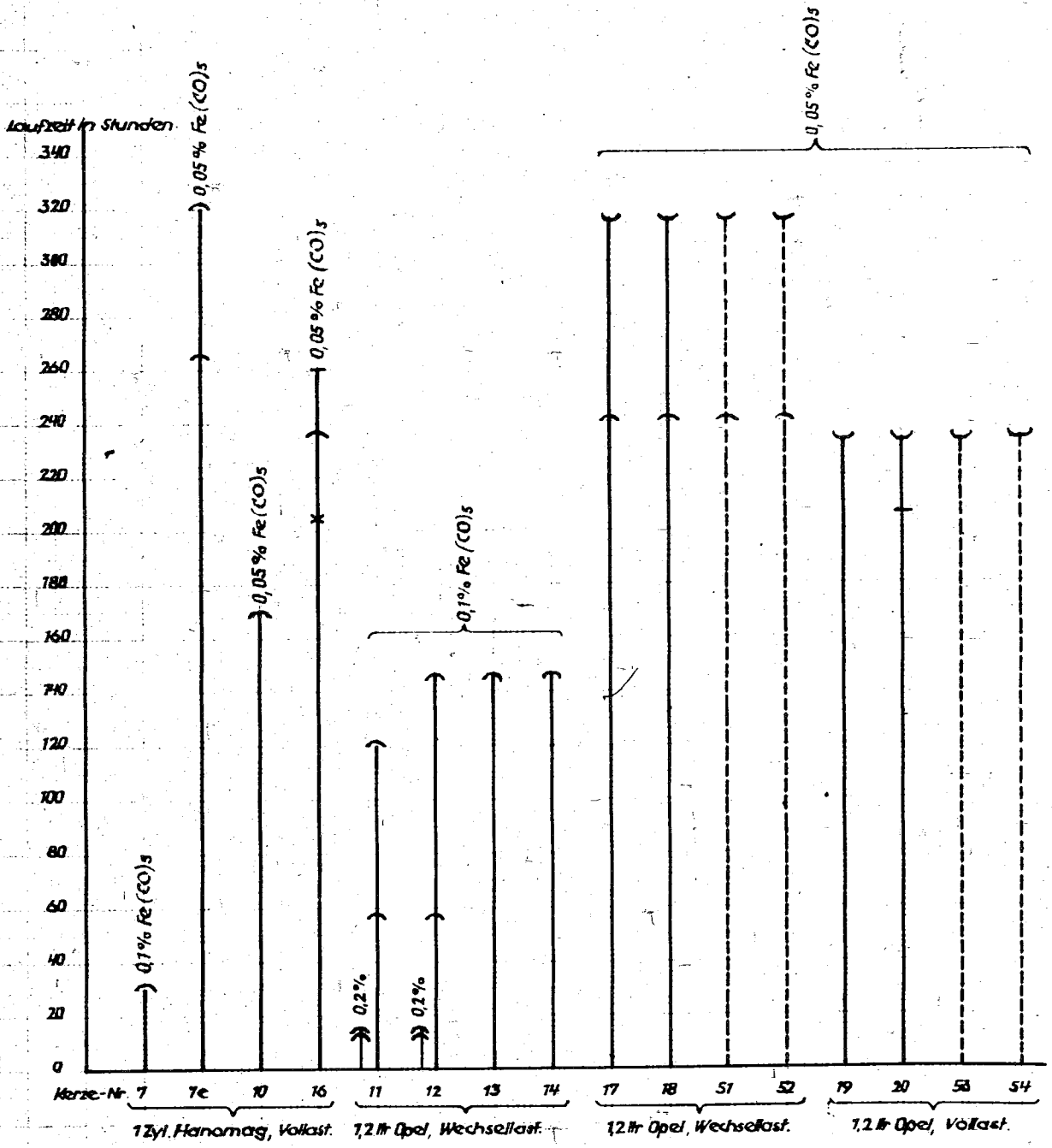
Eigentümlich ist auch das Verhalten der Kerze 20, die nach 206 Stunden Laufzeit schlechtere Widerstandswerte ergibt als nach 226 Stunden, obwohl die Kerze nach 226 Stunden Laufzeit aussetzte, während sie nach 206 Stunden noch gezündet hat. Blatt 3 zeigt eine Gegenüberstellung von neuen Siemens-Kerzen und wenig gefahrenen Bosch-Kerzen, deren Widerstand wiederholt gemessen wurde. Während die Siemens-Kerzen bei jeder Messung andere Widerstände ergaben, zeigten die Bosch-Kerzen fast keinen Unterschied. Die Kurven 56c und 57d wurden unter Verwendung einer Gleichspannung von 1250 Volt erhalten. Die höhere Spannung lieferte kleinere Widerstandswerte, was auch bei anderen Kerzen gefunden wurde.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der Widerstand des Isolators durch die Länge der Laufzeit geringer wird, daß aber noch andere Einflüsse vorhanden sein müssen, daß die Zündkerze im Motor aussetzt. Weitere Versuche sind hierüber im Gange.

*Behrweiser*  
*[Signature]*

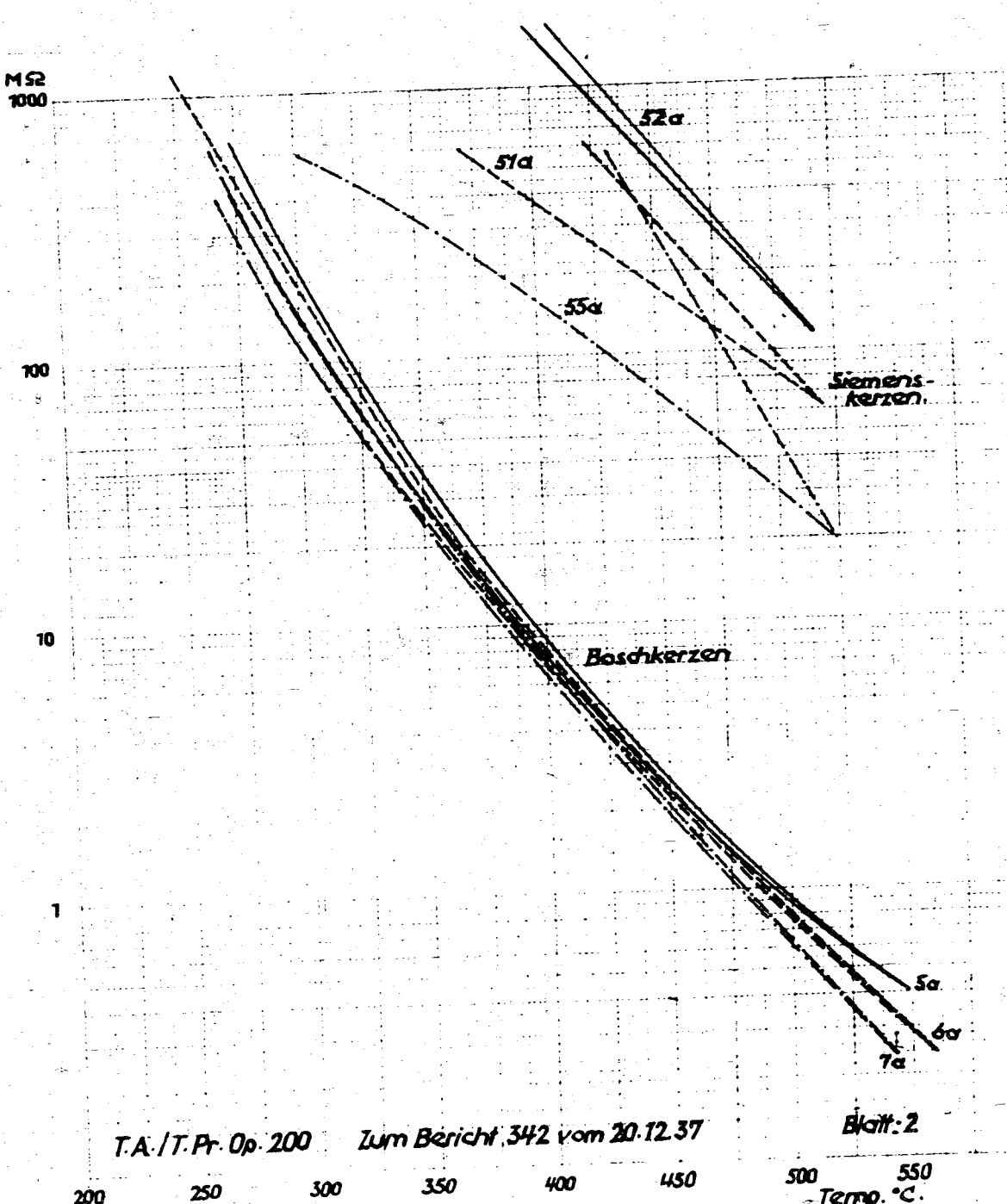
5 Anlagen: TLD 1751-1755.

*Laufzeiten von Zündkerzen bei Motorbetrieb.*



- ) Aussetzer wegen Brückenbildung.
- ( " " " Funkenbahn?
- \* Ausbau zur Reinigung des beschmutzten Isolators. (Kerze sollte aus).
- | " " " Widerstandsmessung. (Kerze zündet noch).
- Basiskerzen.
- - - Siemenskerzen.

28845

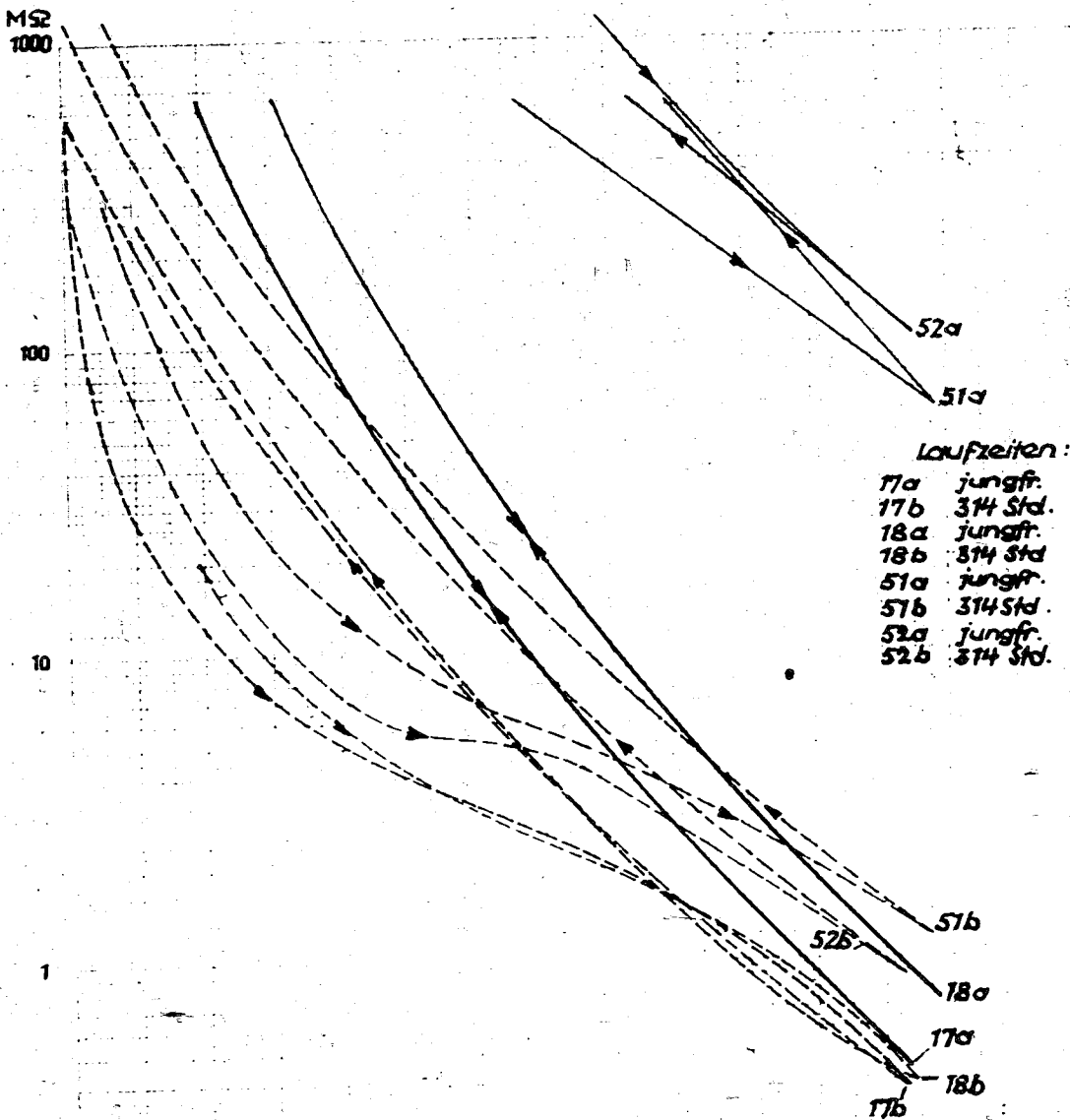


T.A. / T.Pr. Op. 200 Zum Bericht 342 vom 20.12.37

Blatt: 2

200 250 300 350 400 450 500 550 Temp. °C.

TLD 1752



T.A./T.Pr. Op 200 Zum Bericht 342 vom 20.12.37. Blatt: 3

TLD 1753

28847

MSR  
1000

100

10

1

1

200

250

300

350

400

450

500

Temp. °C

T.A./T.Pr. Op. 200

Zum Bericht 342 vom 20. 12. 37.

Blatt: 4

20a jungfr.  
20b 206 Std. Laufzeit  
20c 226 " "  
53a jungfr.  
53b 233 Std  
53c Wiederholung  
von 53b.

53a

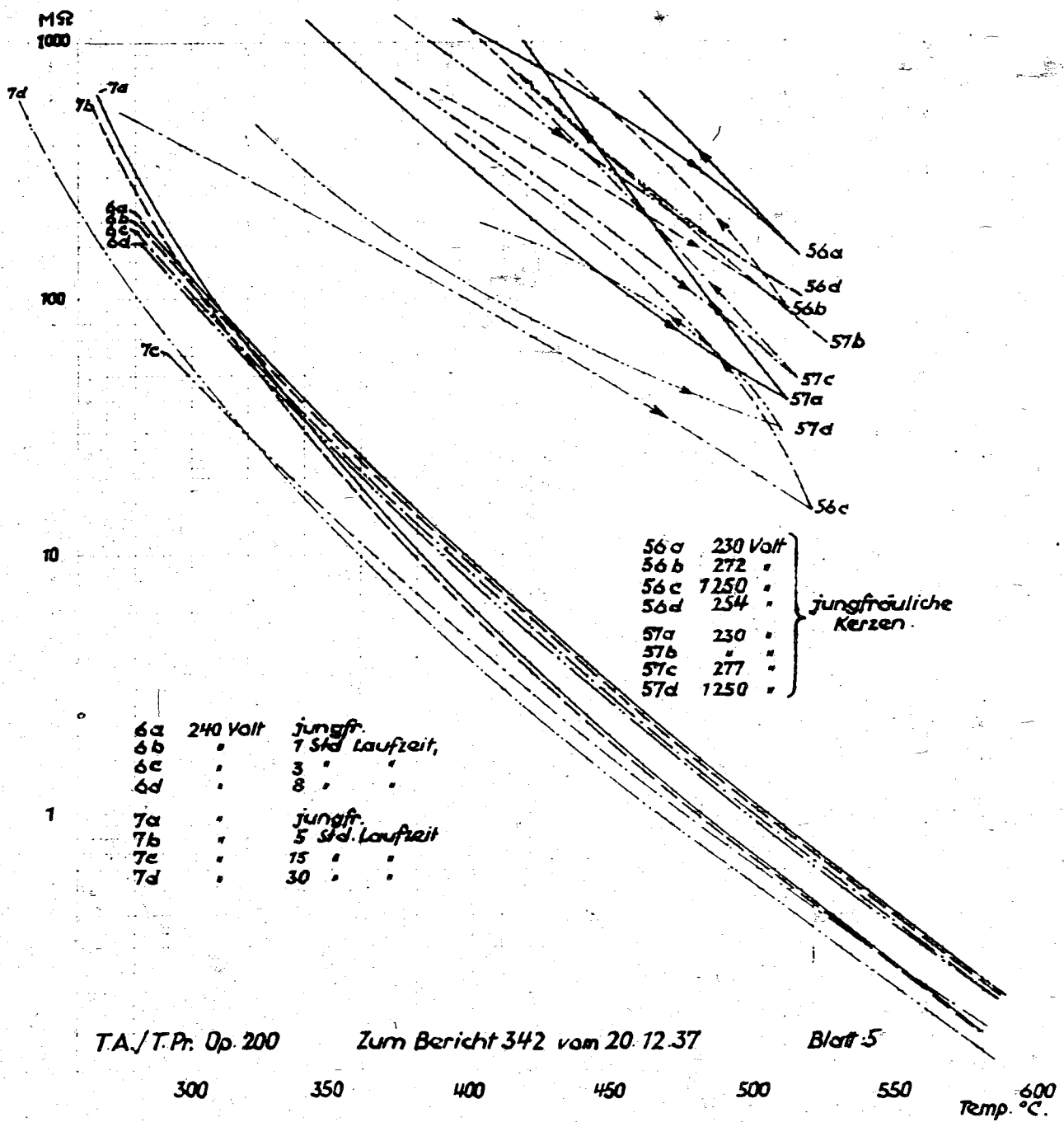
53c

53b

20a

20b

20c



56a	230 Volt	} jungfräuliche Kerzen.
56b	272 "	
56c	1250 "	
56d	254 "	
57a	230 "	}
57b	" "	
57c	277 "	
57d	1250 "	

6a	240 Volt	jungfr.
6b	"	7 Std. Laufzeit,
6c	"	3 " "
6d	"	8 " "
7a	"	jungfr.
7b	"	5 Std. Laufzeit
7c	"	15 " "
7d	"	30 " "

T.A./T.Pr. Op. 200

Zum Bericht 342 vom 20.12.37

Blatt 5

300      350      400      450      500      550      600  
Temp. °C.

TLD 1755

28849