

INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK
GARCHING BEI MÜNCHEN

Der Einfluß der Kathodentemperatur
auf die Zündverzögerung
von Impuls-Ignitrons

M. Brandstetter

IPP/4/5

Dezember 1962

Die nachstehende Arbeit wurde im Rahmen des Vertrages zwischen dem Institut für Plasmaphysik GmbH und der Europäischen Atomgemeinschaft über die Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Plasmaphysik durchgeführt.

I. Zielsetzung

Es wurde festgestellt, daß der Stromanstieg und damit der Spannungsanstieg (di/dt) am Verbraucher einer Kondensatorbatterie, in der jeder Kondensator mit einem Ignitron zugeschaltet wird, bei relativ kurzen Entladungsabständen ein unterschiedliches Verhalten zeigt. Diese Erscheinung ist mit einem unregelmäßigen Zündverhalten der Ignitrons zu erklären und auf deren zunehmende Erwärmung zurückzuführen.

Da Ignitrons bekanntlich mit Quecksilberkathode arbeiten, stellt sich bei ihrem Einsatz als Schaltelemente jeweils ein Druck ein, der exakt dem Dampfdruck des Quecksilbers entspricht. Dieser ist bei Zimmertemperatur 20°C etwa $1,2 \cdot 10^{-3}$ Torr und steigt bis zur höchstzulässigen Betriebstemperatur von ca. 65°C auf $4 \cdot 10^{-2}$ Torr (siehe Dampfdruckkurve von Quecksilber, Seite 2).

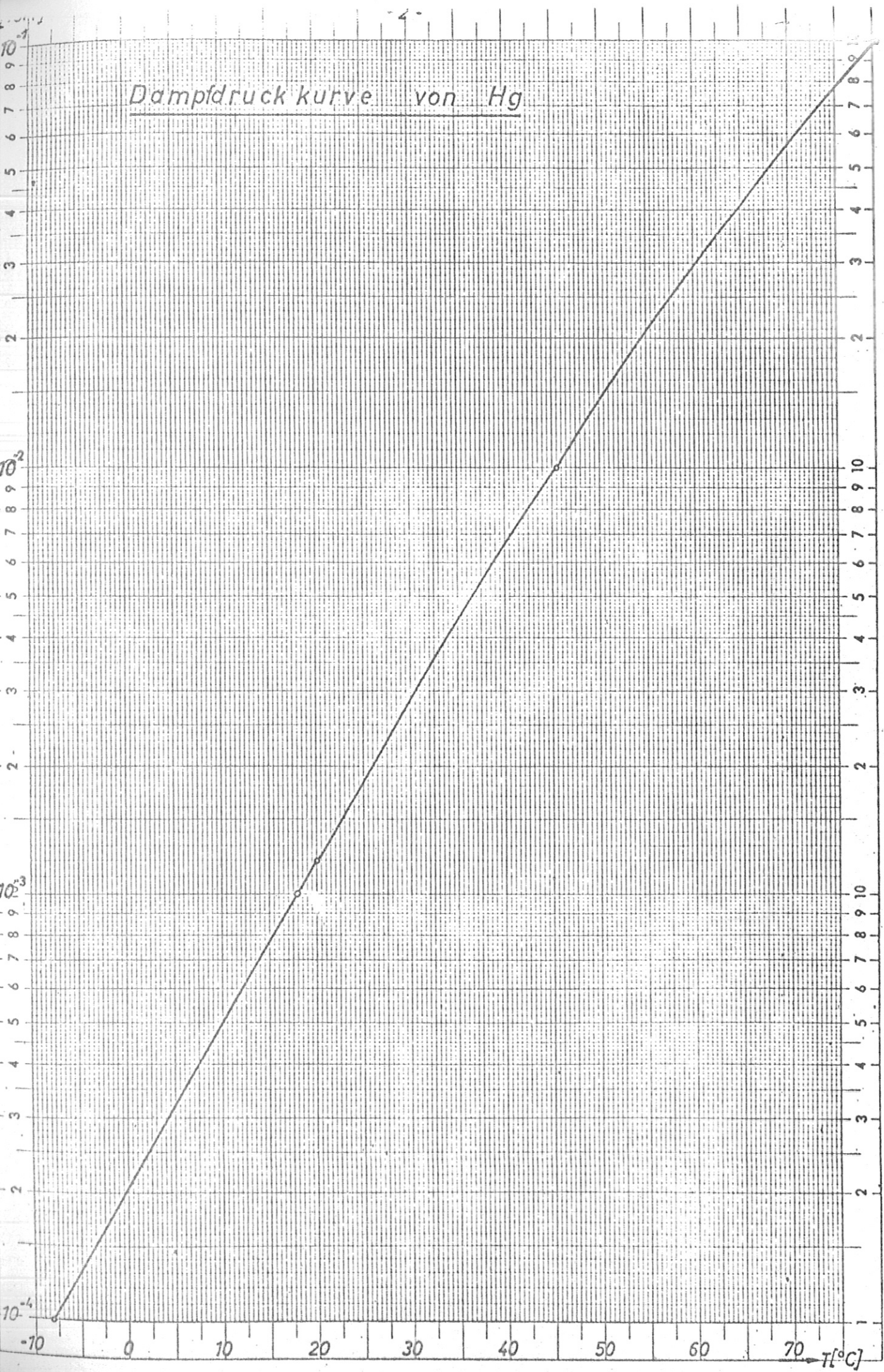
Ziel dieser Untersuchung ist, die Zündverzögerung (delay) und deren zeitliche Streuung (jitter) in Abhängigkeit der Kathodentemperatur festzustellen.

II. Meßverfahren

Die zu untersuchenden Ignitrons wurden koaxial an einem Bosch-MP-Kondensator ($7,7 \mu\text{F}$; 18 kV; 1250 J) angeschlossen und mit einer Kupferrohrwicklung umgeben, durch die mit Wasser von verschiedener Temperatur und gleichem Druck die Kathodentemperatur konstant gehalten wurde.

Der Stromanstieg wurde mit einer Suchspule im Entladekreis über einen Tektronix-Oszillographen 507 gemessen, der direkt vom Zündpuls (Triggerpuls) auf den Zündstift des Ignitrons mit ausgelöst wurde. Aufgezeichnet wurde nicht direkt der Strom J , sondern di/dt . Es wurde je ein Westinghouse-Ignitron WX 4231 und ein General Electric 7703 geprüft.

Dampfdruckkurve von Hg



Eine Achse logarith. geteilt von 1 bis 1000, Einheit 90 mm, die andere in mm
FISCHER PATENT-DRUCKERIE & VERLAGS-ANSTALT FÜR TECHNISCHE ZEICHNUNGEN
Nr. 373 1/2 A 4 P
FISCHER

Meßdaten :

Ladespannung	$U_L = 18 \text{ kV}$
Kondensatorkapazität	$C = 7,7 \text{ } \mu\text{F}$
Energieinhalt des Kondensators	$A = 1250 \text{ J}$
Trigger-Kondensator	$2 \text{ } \mu\text{F}$
Trigger-Ladespannung	3 kV
über Pulstrafo	$1 : 1$

	WX 4231	7703
Entladefrequenz [kHz]	115	121
max. Scheitelstrom \hat{I}_1 [kA]	92,5	98
gesamte Induktivität L_{ges} [μH]	0,245	0,224
gesamter Widerstand r_{ges} [m Ω]	179	162
Dämpfungskonstante δ [1/s]	$36,6 \cdot 10^3$	$36,3 \cdot 10^3$
1. rel. Strommaximum $\hat{I}_{1\text{rel}}$	92,35%	92,77%
2. rel. Strommaximum $\hat{I}_{2\text{rel}}$	-78,8 %	-79,85%
proz. Größe von \hat{I}_2 bei $\hat{I}_1=100\%$	-84,3 %	-86 %

durchschwingender Betrieb

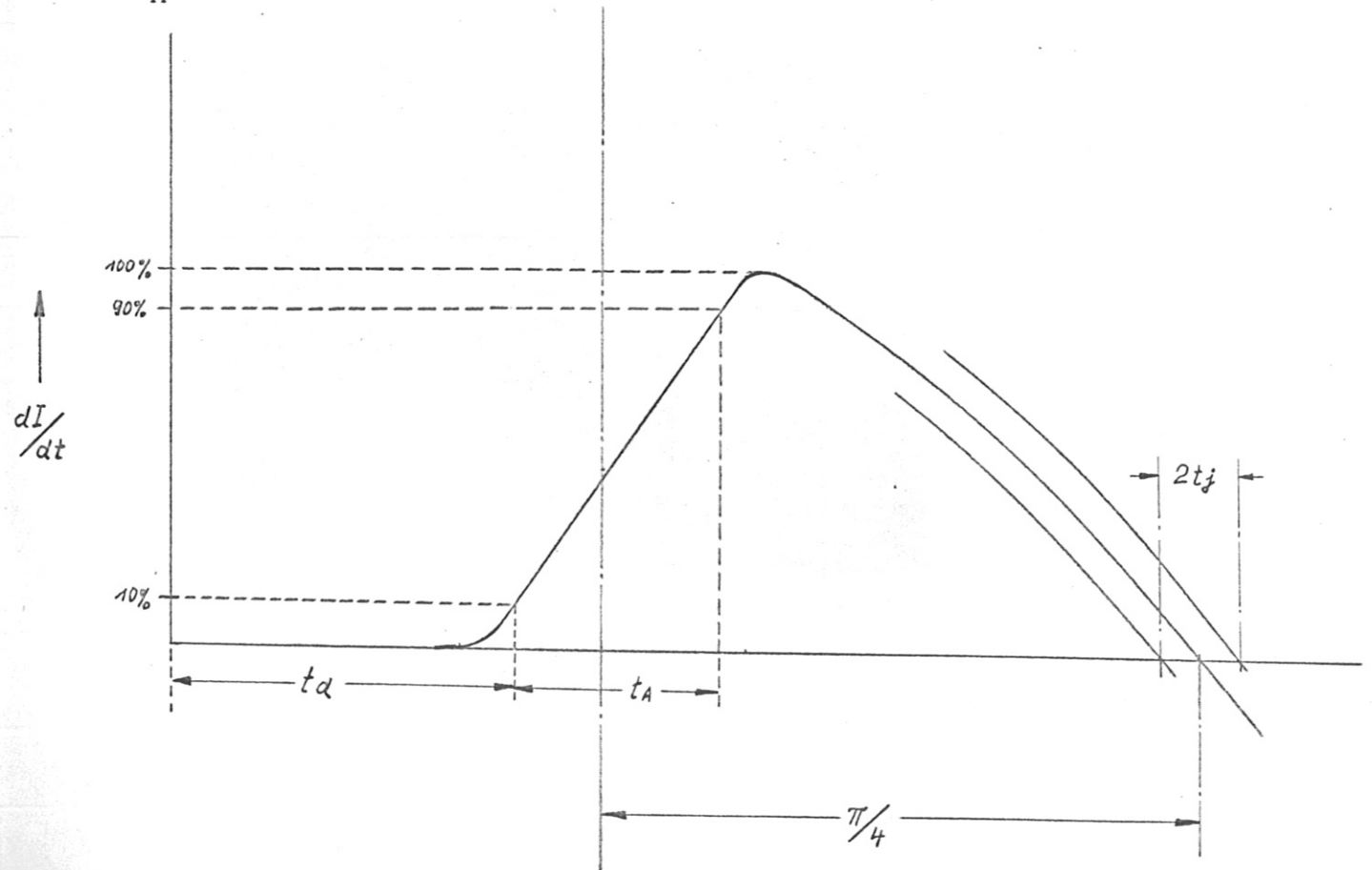
III. Auswertung

Es wurden für jeden Meßpunkt 25 Entladungen gemacht und photographisch registriert. Zur Auswertung der di/dt -Kurven werden folgende Bezeichnungen eingeführt :

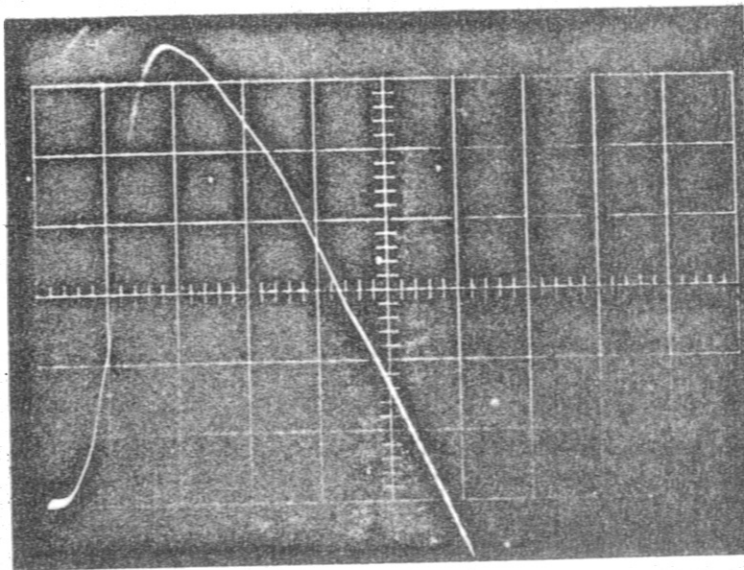
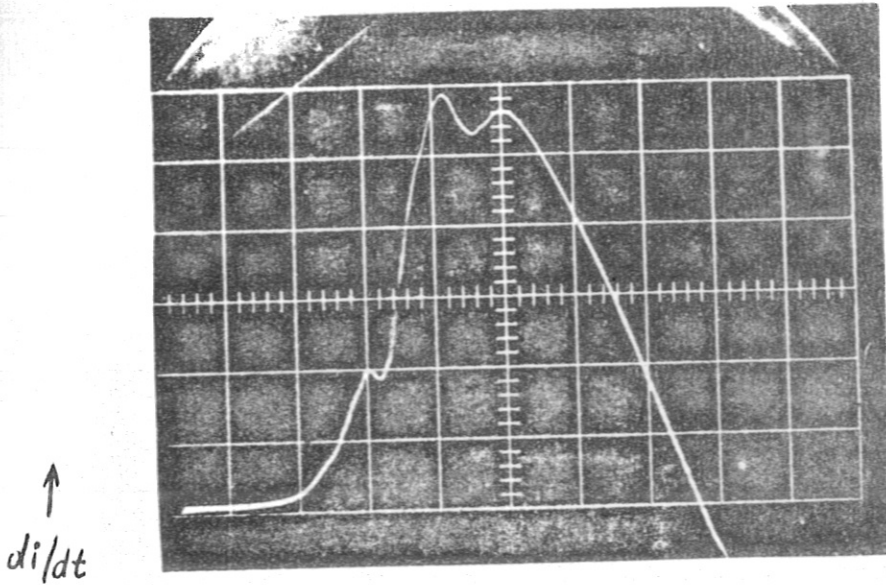
Delay : Zeit von Zündung des Ignitrons, bzw. Auslösung des Oszillographen bis zu dem Punkt, wo di/dt 10% der maximal möglichen Amplitude erreicht hat. Aufgezeichnet wird der mittlere Delay aus 25 Aufnahmen.

Jitter: Schwankung der Zeit, in der der volle Strom geführt wird, um einen Mittelwert (als \pm -Wert).

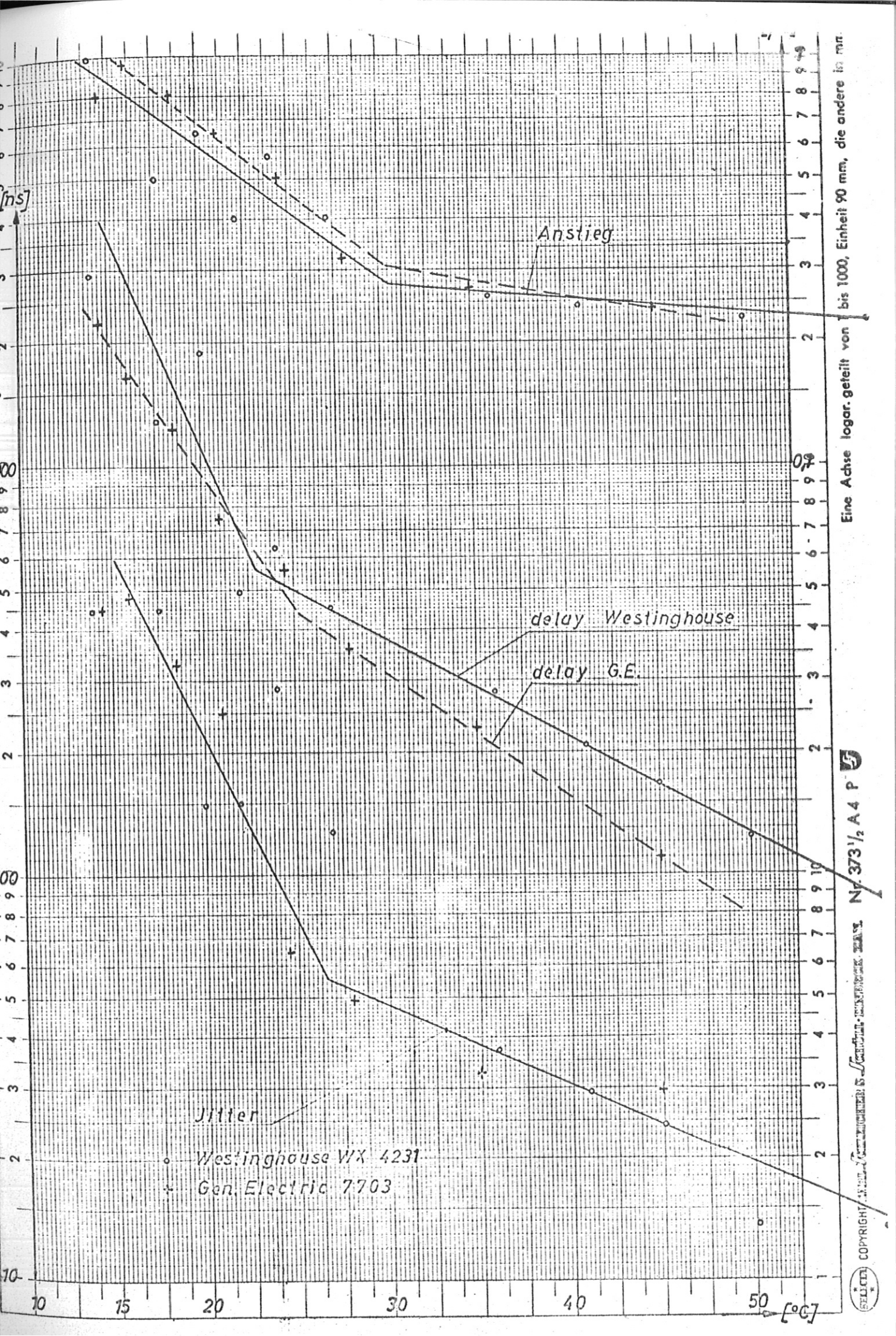
Anstieg: Zeit, die vergeht, bis di/dt von 10% auf 90% angestiegen ist. (t_A)



2 Einzelaufnahmen von di/dt :



Die folgenden Kurven geben die Abhängigkeit von Delay, Jitter und Anstieg in Abhängigkeit der Kathodentemperatur der Westinghouse WX 4231 und General Electric 7703 Ignitrons an.

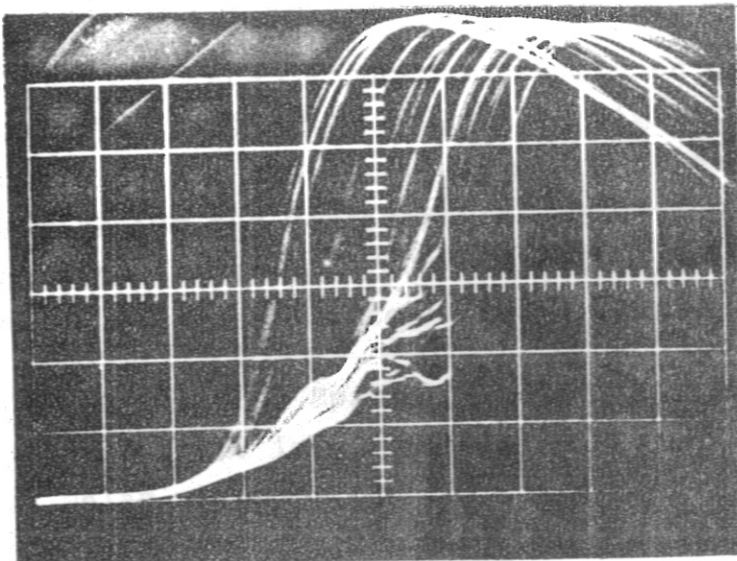


Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 1000, Einheit 90 mm, die andere in mm.

Tabelle der einzelnen Meßergebnisse :

WX 4231				G.E. 7703			
K.Temp.	Mittl. Delay	Jitter	Mittl. Anst.	K.Temp.	Mittl. Delay	Jitter	Mittl. Anst.
[°C]	$t_d [\mu s]$	$\pm t_j [ns]$	$t_A [\mu s]$	[°C]	$t_d [\mu s]$	$\pm t_j [ns]$	$t_A [\mu s]$
14	2,9	450	1,0	16	1,65	470	0,95
17,6	1,3	450	0,5	18,5	1,25	330	0,8
20	1,9	150	0,65	21	0,75	250	0,65
22	0,5	150	0,4	24,5	0,56	65	0,5
24	0,64	290	0,57	28	0,36	50	0,32
27	0,46	130	0,41	35	0,23	33	0,27
36	0,285	38	0,26	45	0,11	30	0,24
41	0,21	30	0,25	14,5	2,2	450	≈ 0,8
45	0,17	25	0,24				
50	0,125	14	0,23				
56,5	0,09	14	0,23				

Beispiel eines Oszillogramms für einen Meßpunkt :



0,2 μs / Tlg
24°C

25 Aufnahmen

Ignitron :
WX 4231

IV. Ergebnisse

- 1.) Es wurden der Anstieg, der Jitter und der Delay der beiden Ignitrons in Abhängigkeit der Kathodentemperatur in einem Diagramm aufgetragen (siehe Kurvenblatt Seite 6). Die drei Kurven zeigen im log. Maßstab ein lineares Verhalten; jede Kurve besteht wiederum aus zwei Geraden, deren Schnittpunkt etwa bei 25 °C liegt.

Der Jitter nimmt dabei von $\pm 0,5$ μ s bei 15 °C ziemlich rasch auf $\pm 0,05$ μ s bei 25-28 °C ab und von dieser Temperatur ab langsamer bis auf $\pm 0,02$ μ s bei etwa 50 °C. Ein ähnliches Verhalten zeigen Delay und Anstieg. Der Delay nimmt von etwa 2,5 μ s bei 15 °C auf etwa 0,5 μ s bei 25 °C ab und von da weiter auf etwa 0,1 μ s bei 50 °C; während die Anstiegsdauer bei 15 °C etwa 1 μ s ist, nimmt sie bei 25 °C auf etwa 0,4 μ s ab und fällt dann langsam weiter, um bei höheren Temperaturen auf etwa 0,25 μ s zurückzugehen, wo sie nahezu konstant bleibt.

- 2.) Ein wesentlicher Unterschied im Schaltverhalten des Westinghouse- und G.E.-Ignitrons konnte nicht festgestellt werden. Während in der Kurve des Jitters die Meßpunkte mehr streuen, als es sich aus dem unterschiedlichen Schaltverhalten zeigen würde, ersieht man aus der Abhängigkeit des Delays und des Anstiegs, daß die Zündverzögerung über dem ganzen Temperaturbereich für das Westinghouse-Ignitron WX 4231 etwas größer ist als die des G.E.7703 und daß bei niedrigeren Temperaturen der Anstieg des letzteren länger dauert als beim ersteren.
- 3.) Für den gesamten Spannungsanstieg von parallel geschalteten Ignitrons, z.B. in einer Kondensatorbatterie, ist einmal Jitter und Delay wegen der nacheinander zugeschalteten Einheiten, zum andern der Spannungsanstieg selbst maßgebend. Je länger der Spannungsanstieg dauert, desto später schwenkt die Kurve in

die Cosinusfunktion ein und umso mehr geht von der theoretisch maximal erreichbaren Spannung verloren. Das gilt auch für ein einzeln betriebenes Ignitron. Die Zeit des Spannungsanstiegs ist direkt ein Maß für die höchstmögliche Spannung, d.h. je höher die Temperatur des Ignitrons (in Grenzen), desto mehr Spannung kann bei gegebener Anordnung erreicht werden.

- 4.) Wahrscheinlich besteht bei höheren Temperaturen die Gefahr, daß das Ignitron häufiger durchzündet. Ein Bericht über eine entsprechende Untersuchung, die zur Zeit läuft, wird als Nachtrag erscheinen.