

E.T.H. Juli 1960

---

---

DER TEINOGRAPH

---

---

F. Schwab

# DER TEINOGRAPH

=====

Nach J.G.Anderson und R.U.Giacomoni: The Teinograph, Electr. Engng. Vol. 79 (1960), No. 3, pp 184 - 189

Der Teinograph (aus dem Griechischen TEINEIN = ausdehnen und GRAPHOS = Schreiber) ist ein billiger Apparat zur Registrierung der Stossformen bei Hochspannungsvorgängen wie Blitzeinschläge in elektrische Anlagen und Schaltüberspannungen. Der Apparat benötigt weder elektrische Leistung, KO-Röhren noch photographische Filme und ist für lange Zeit ohne Wartung aufnahmebereit.

Arbeitsprinzip: Schaltungstechnisch sind mehrere Typen von Teinographen möglich, die sich aber in zwei Hauptgruppen unterteilen: Solche, die in räumlicher Folge und solche, die in zeitlicher Folge messen.

Der "Zeit-Folge" Teinograph schreibt eine Folge von Lichtenberg'schen Figuren der momentanen Stossamplituden nach bestimmten Zeitintervallen.

Nach Figur 1(A) wird eine Stossspannung  $V$  zwischen einem Leiter  $AA'$  und Erde  $B$  angelegt. Verbunden mit dem Leiter  $AA'$  sind eine Gruppe von Klydonographen (Spitzen-Platten Elektrodenanordnungen mit einem Dielektrikum und einer photographischen Schicht dazwischen), deren Spitzen  $P$  über Widerstände  $R$  wieder mit  $AA'$  verbunden sind. Solange die Schalter  $S$  offen sind, erscheint keine Spannung über der Anordnung. Zur Zeit  $t_1$  wird

Figur 1

der Schalter  $S_1$  geschlossen und sofort liegt die Summe der Spannungen  $V_0$  (konstante Grösse und umgekehrter Polarität von  $V$ ) und der Stossspannung  $V$  zur Zeit  $t_1$  zwischen der Spitze  $P_1$  und der Platte. Auf dem Dielektrikum entsteht eine Lichtenberg'sche Figur, deren Durchmesser proportional der Spannung  $V_0 + V$  im Zeitpunkt  $t_1$  ist. Da der Schalter  $S_1$  unmittelbar nach dem Einschalten wieder geöffnet wird, kann sich der Durchmesser der Lichtenberg'schen Figur nicht ändern, so dass bei bekanntem  $V_0$

die Stossspannung  $V$  zur Zeit  $t_1$  ausgemessen werden kann. Werden nun die weiteren Schalter  $S_2, S_3, \text{ect.}$  kurzzeitig während den entsprechenden Zeitmomenten  $t_2, t_3, \text{ect.}$  geschlossen, so ergibt sich eine Folge von Lichtenberg'schen Figuren, wodurch der Stossverlauf dargestellt ist. Für Schaltintervalle kleiner als eine  $\mu\text{s}$  genügen mechanische Schalter nicht mehr, an ihre Stelle treten elektrische nach Figur 1(B). Der zu messende Stoss wird ungefähr eine  $\mu\text{s}$  verzögert ehe er zur Leitung AA' gelangt. Zudem wird er direkt einem Impulsgenerator zugeführt, der einen umgekehrt polarisierten Hochspannungsimpuls  $V_0$  von Bruchteilen einer  $\mu\text{s}$  erzeugt, der seinerseits auf einem Verzögerungskabel bis zu dessen Abschluss  $Z_0$  wandert. Die Spitzen der Klydonographen sind über Kondensatoren C mit diesem Kabel verbunden. Im Moment, da der Impuls  $V_0$  eine der Anschlussstellen erreicht, sinkt dort die Spannung und es entsteht eine der Summenspannung  $V_0 + V$  proportionale Lichtenberg'sche Figur. In der Praxis ist diese Schaltung wegen dem etliche  $\mu\text{s}$  langen Verzögerungskabel, dem extrem kurzen Hochspannungsimpuls und der Schnelligkeit mit der er erzeugt werden muss, nur schwer zu erreichen.

Der Unterschied zwischen dem oben beschriebenen und dem "Raum-Folge" Teinograph liegt darin, dass beim letzteren der Stoss über ein Verzögerungskabel geleitet wird, und zu einem bestimmten Zeitpunkt die Spannung gegen Erde mit allen Klydonographen gleichzeitig gemessen wird.

Figur 2

In einem bestimmten Zeitmoment wird der Stoss auf dem Verzögerungskabel die in Figur 2(A) gezeichnete Stellung erreicht haben. Die Schalter S der mit ihren Spitzen P am Kabel angeschlossenen Klydonographen werden gleichzeitig während einem Bruchteil einer  $\mu\text{s}$  geschlossen. Der Durchmesser der Lichtenberg'schen Figur um die Spitze  $P_1$  wird proportional der Spannung  $V_0 + V_1$ , der um  $P_2$  entsprechend  $V_0 + V_2$  sein, ect. Wie in Figur 1(A) können die trägen mechanischen Schalter durch die Elemente der Figur 1(B) er-

setzt werden, was zum elektrisch gesteuerten "Raum-Folge" Teinograph der Figur 2(B) führt. Hier wird der Stoss auf ein Verzögerungskabel geleitet. Der Impuls  $V_0$  wird auf alle Klydonographen zur gleichen Zeit gegeben, jedoch erst nachdem der Steuerimpuls für den Impulsgenerator so lange verzögert wurde, bis die zu messende Spannungswelle gegen das Ende des Stossverzögerungskabels gekommen ist.

Bei diesem Typ von Teinograph kann man die vielen Klydonographen durch eine einzige lange Platte, die Widerstände durch einen einzigen äquivalenten Widerstand  $R_1$  und die Kondensatoren durch einen Kondensator  $C_3$  ersetzen (Figur 3). Die zu messende Stossquelle wird über das Stossverzögerungskabel geleitet und kommt zudem verzögert zu einem Impulstransformator T, wird umgepolt, verstärkt und bringt durch den Kondensator  $C_4$  die

Figur 3

Funkenstrecke G zum Ansprechen.  $C_4$  entlädt sich mit einer sehr kleinen Zeitkonstanten  $R_3 C_4$  über den kleinen Widerstand  $R_3$ , sodass die Platte E während Bruchteilen einer  $\mu$ s auf niedrige Spannung kommt. Die so erhaltenen Durchmesser der Lichtenberg'schen Figuren sind proportional der Summenspannung  $V_0 + V_{\text{Stoss}}$ .

Der Teinograph ist ein Registriergerät für einmalige Vorgänge, so dass am Ende der Stossverzögerungsleitung ein Kugelfunkenstreckenauslöser eingebaut werden muss, der den Eingang für weitere Stösse innerhalb einer ms sperrt. Als Aufnahmematerial zwischen den Spitzen und der Metallplatte können dünne, lichtunempfindliche Lucite-Platten verwendet werden oder photographische Filme, die in spezielle Kassetten verpackt auch bei Tageslicht ausgewechselt werden können.

Der Teinograph braucht zur Messung hoher Stromstösse keine teuren Shunts, da das Magnetfeld eines durch einen gewöhnlichen Leiter fliessenden Stromstosses mittels einer Spule angekoppelt und auf den Eingang des Teinographen geführt werden kann.

Fred-F. Schwab  
Dipl. Ing. ETH  
Platte 88, Meilen