

Permanente Digitale Erfassung von TE Impulsen für ein Auswertesystem.

Paul Seitz
Haefely Basel

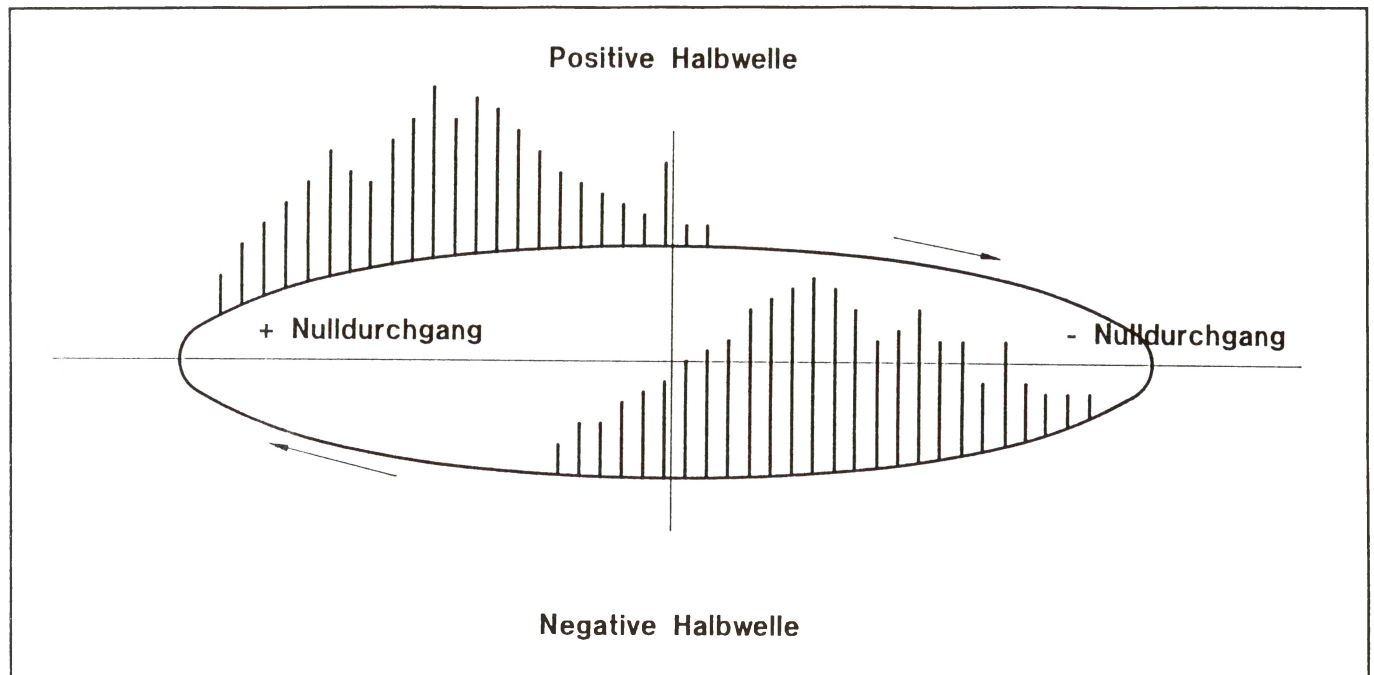


Bild 1 Analoge Darstellung der TE Signale

1. Einleitung

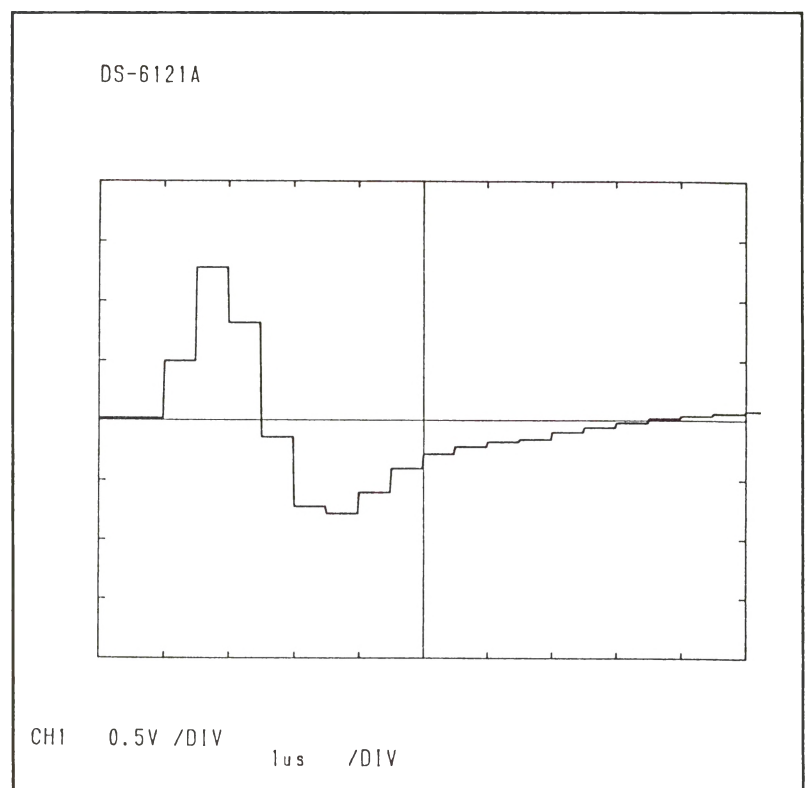
1.1 Eigenschaften Analoges TE-Messsysteme

Bei Analogen Teilentladungs-Messgeräten werden die TE Impulse, in Abhängigkeit von der Phase der angelegten Hochspannung, mittels einer Ellipse auf dem Bildschirm dargestellt. Der Elektronen-Strahl rotiert im Uhrzeigersinn, die positive Halbwelle der Hochspannung entspricht dem positiven Sektor der Ellipse, und die negative Halbwelle entspricht dem negativen Sektor der Ellipse. Die vom Prüfling ankommenden TE Signale werden verstärkt und der Ellipse überlagert. Analoge TE-Messgeräte übertragen alle TE Impulse auf den Anzeige-Schirm.

2. Eigenschaften Digitaler TE-Messsysteme

Ein wesentlicher Unterschied zwischen analogen und digitalen TE-Erfassungs-

Bild 2 TE-Impuls digitalisiert (Abtastrate 2 MHz)



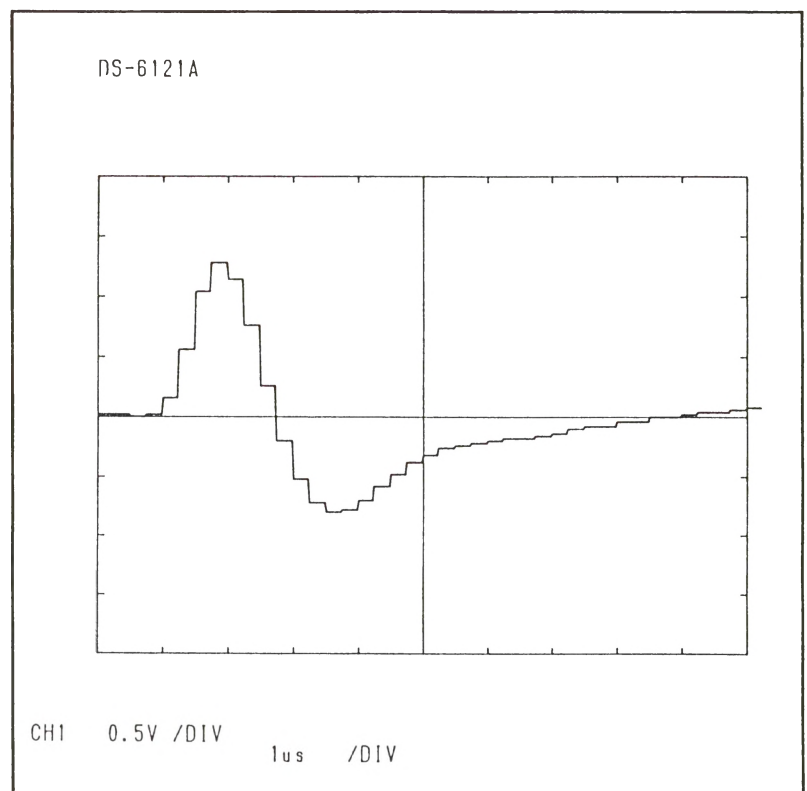
Systemen ist die Tatsache, dass bei den digitalen Systemen zwischen den einzelnen Abtastungen des Messsignales keine Information vorhanden ist. Die mit einem digitalen Messsystem aufgezeichneten Signale sind zunächst nur in Form von digitalen Werten vorhanden, die anschließend entweder mit einem Rechner ausgewertet, oder zur manuellen Auswertung graphisch dargestellt werden

müssen. Allein bei der graphischen Darstellung zeigt sich bereits eine Problematik der digitalen Messwerterfassung. Die einzelnen digitalen Messwerte müssen mit mathematischen Routinen zu einer Linie verbunden werden, damit eine Kurve wie bei einem Oszillografen entsteht. Die Maxima der Kurven kann nur annähernd gerechnet werden.

3. Minimale Abtastrate für die Digitale Spitzenwertmessung

Um alle TE-Impulse eines breitbandigen TE-Detektors formgerecht digital zu erfassen, sind hohe Abtastraten erforderlich. Die Impulsform der Teilentladungs-Impulse am Eingang des Analog / Digitalwandlers, hängt vom RLC Netzwerk, das der Prüfling in Kombination mit dem Ankopplungsvierpol und dem Detektor darstellt ab. Damit die Spitzen der TE Impulse mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ (IEC Empfehlung), am Ausgang eines Detektorverstärkers, mit einer Bandbreite von 40 ... 400 kHz digitalisiert werden können, wird eine Abtastrate von mindestens 5 MHz benötigt. Für die lückenlose Aufzeichnung einer einminütigen Spannungs-Prüfung nach IEC wären deshalb 300 Mbyte Speicher notwendig. Ein 8 Bit A/D Wandler mit einem 300 Mbyte Speicher ist technisch machbar, aber aus Kostengründen nicht realisierbar. Mathematische Kurven-Rechnungs-Routinen können eingesetzt werden, damit die Abtastrate um einen Faktor 2 bis 4 reduziert werden kann. Diese Rechnungs-Routinen müssen bei unterschiedlichen Kurvenformen (Bandbreite, AKV, Prüfling) neu angepasst werden, sodass mit reduzierter Abtast-rate eine Genauigkeit der Spitzenwert-Messung von $\pm 5\%$ erreicht werden kann.

Bild 3 TE-Impuls (Abtastrate 5 MHz)
Detektor Bandbreite 40 ... 400 kHz



4. Digitale Erfassung bei verschiedenen Bandbreiten

Die formgetreue Digitale Erfassung von TE-Signalen ist nur sinnvoll, bei streng definierten Prüflingen, von denen die elektrische Ersatzschaltung bekannt ist. Dann können von der TE-Impulsform Rückschlüsse auf den Defekt gezogen werden. Für diese Art der TE-Messung eignen sich nur sehr breitbandige TE Messsysteme ($> 5 \text{ MHz}$). Ein Beispiel für diese Art der TE-Messung ist die Ortung an Kunststoffkabeln.

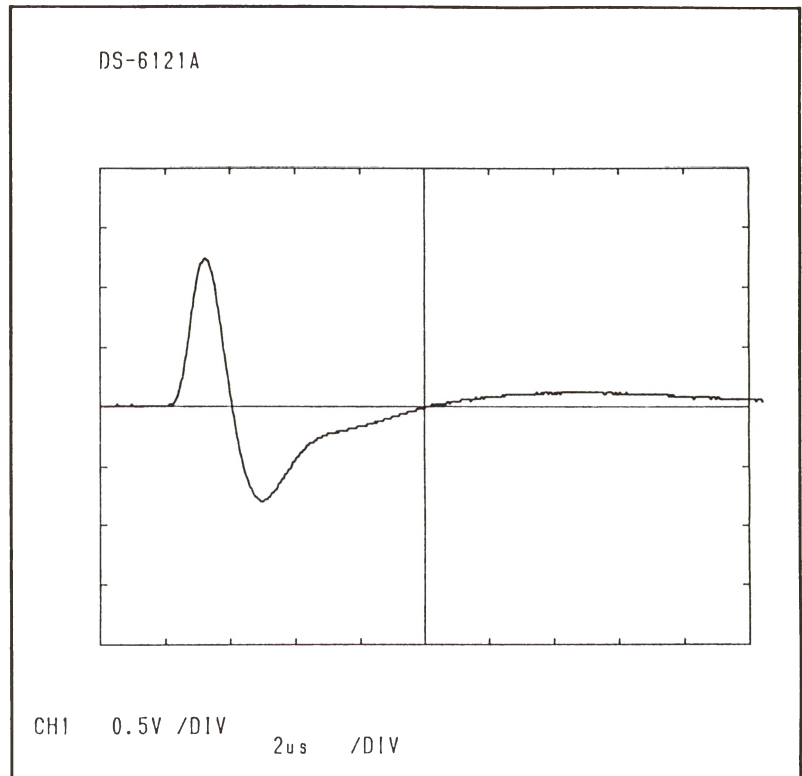
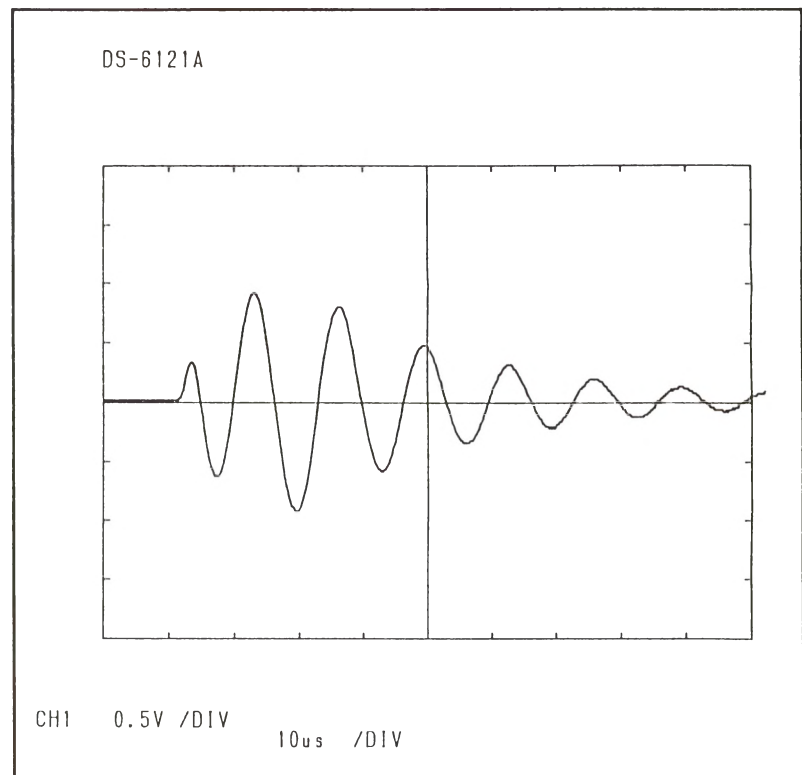


Bild 4 TE-Impuls integriert am Ausgang des Detektors (Bandbreite 40 400 kHz)

Bild 5 TE-Impuls integriert am Ausgang des Detektors (Bandbreite 10 kHz)

Nach IEC Empfehlung sollte die obere Bandbreiten-Grenze des TE Detektors weniger als ein Drittel der Resonanzfrequenz des Prüflings betragen. Mit dieser Bedingung ist eine korrekte Integration gewährleistet. Aus diesen Gründen besitzen die meisten herkömmlichen integrierenden TE-Detektoren Bandbreiten von weniger als 500 kHz. Die TE Stromimpulse werden integriert und der Spitzenwert des integrierten Signals ist proportional zur eigentlichen Entladung. Die Kurvenform ist gegeben durch die Resonanzfrequenz des Prüflings und durch die Bandbreite des Verstärkers. Eine Digitalisierung der TE-Impuls-Kurvenform am Ausgang von TE Detektoren, mit beschränkter Bandbreite ($< 1 \text{ MHz}$), ist deshalb wenig sinnvoll. Nur der Spitzenwert behält die Aussagekraft.



5. Digitale Erfassung der TE-Spitzenwerte

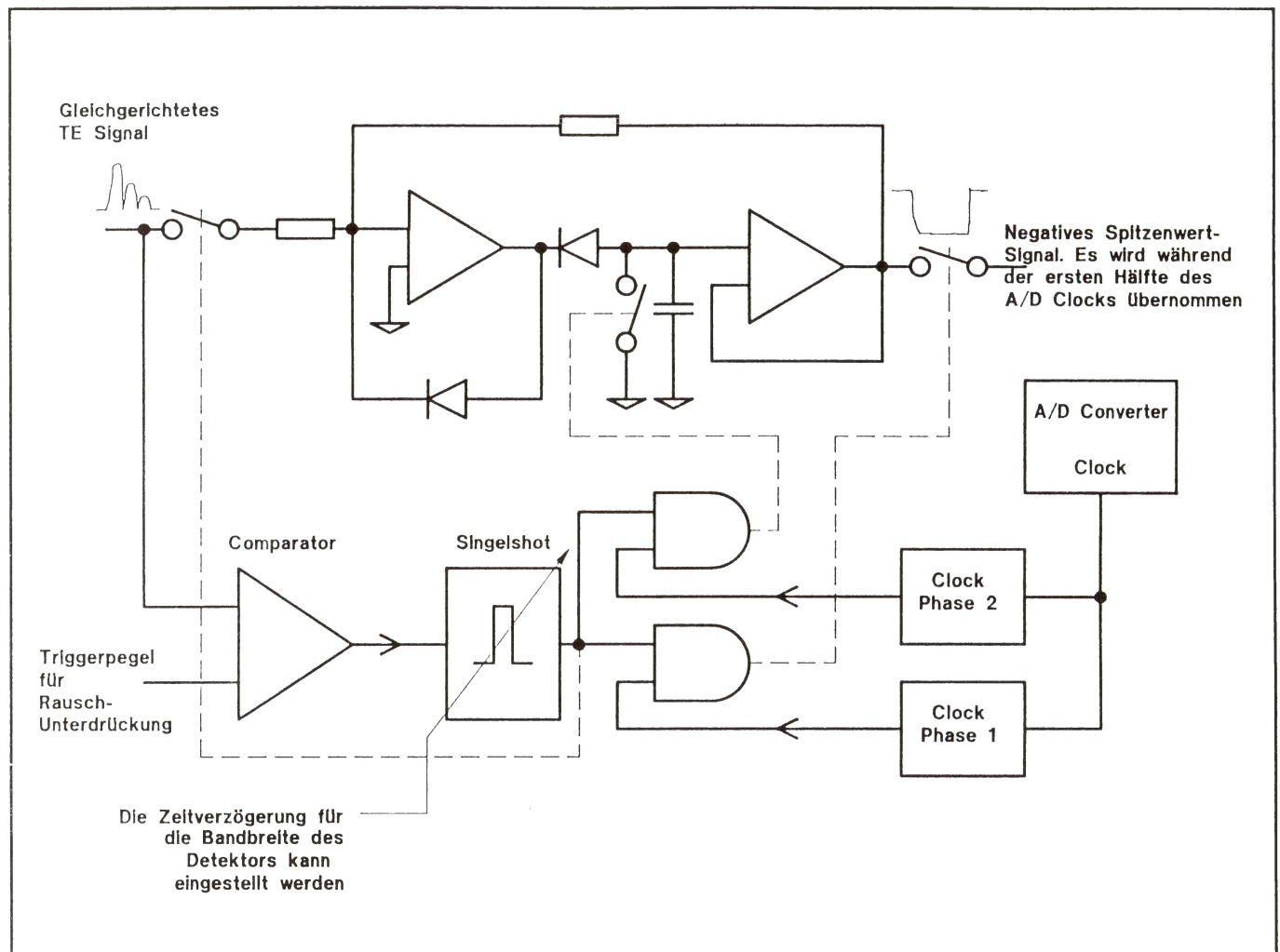


Bild 6 Spitzenwert-Speicher

Mit einer Spitzenwert-Speicher-Schaltung (Sample and Hold), werden alle TE-Impuls-Spitzenwerte erfasst, und dem A/D Wandler zugeführt. Ein TE-Verstärker mit einer Bandbreite von 500 kHz besitzt eine Einschwingzeit von 5 μ sec. Mittels einem A/D Wandler, mit einer Abtastrate von nur 200 kHz, können mit dieser Schaltung alle TE-

Spitzenwerte, lückenlos übernommen werden. Die Aquisitionszeit des Spitzenwert-Speichers wird jeweils der Bandbreite des Verstärkers angepasst. Bei einer Bandbreite von 10 kHz beträgt die Aquisitionszeit ungefähr 150 usec. Mit dem Trigger-Pegel kann das Rauschen des Verstärkers ausgeblendet werden.

6. Digitale Erfassung der Hochspannung.

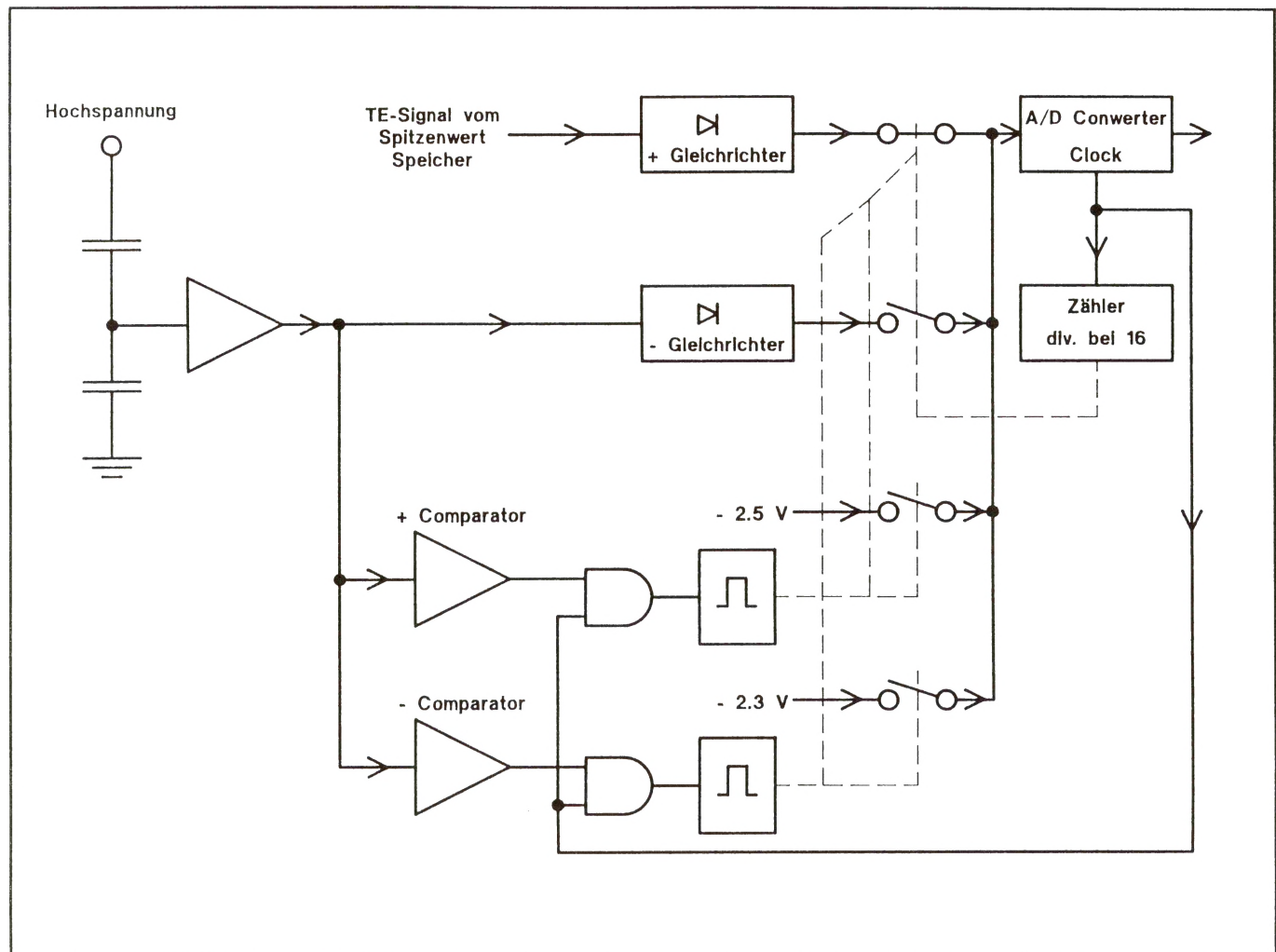


Bild 7 Zusammenfassung der Hochspannungs- und TE-Signale

Für die Synchronisation der TE-Anzeige und für die Berechnung der TE-Signalleistung wird vom Computer die effektive, am Prüfling angelegte Hochspannung benötigt. Sie wird vom Kopplungskondensator oder von einem separaten Hochspannungsteiler abgeleitet. Das negativ gleichgerichtete Spannungssignal wird durch einen Halbleiterschalter

während jeder 16. Clock-Zeit dem A/D Wandler zugeführt. Mittels zweier Komparatoren wird der positive und der negative Nulldurchgang der Hochspannung ermittelt. Mit einem Halbleiterschalter wird ein Synch-Signal (-2.5 V) für den positiven und ein Synch-Signal (-2.3 V) für den Negativen Nulldurchgang während einer Clock-Zeit dem A/D

Wandler zugeführt. Damit während der Spannungs- und Synch-Übertragung keine TE-Spitzenwerte verlorengehen, wird der Spitzenwert-Speicher während einer Clockzeit länger aktiv gehalten. Mit dieser Methode können über einen einzelnen Eingang, die TE-Signale, und die Spannungsinformation, lückenlos dem A/D Wandler zugeführt werden.

7. Übertragung der Daten in den Computer

Für die lückenlose Übertragung der Daten sind auf der A/D Wanklerkarte zwei unabhängige Speicher vorhanden. Während der Speicher 1 vom A/D Wandler beschrieben wird, übernimmt der Computer die Daten vom Speicher 2. Ist der Speicher 1 voll beschrieben, wird umgeschaltet und der Computer übernimmt die Daten von Speicher 1 usw.

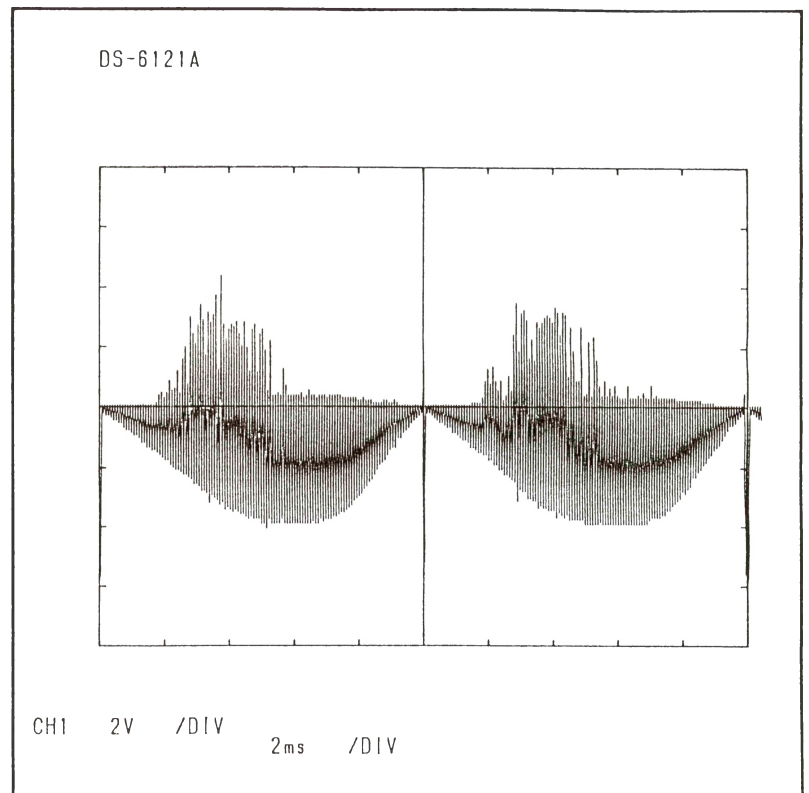
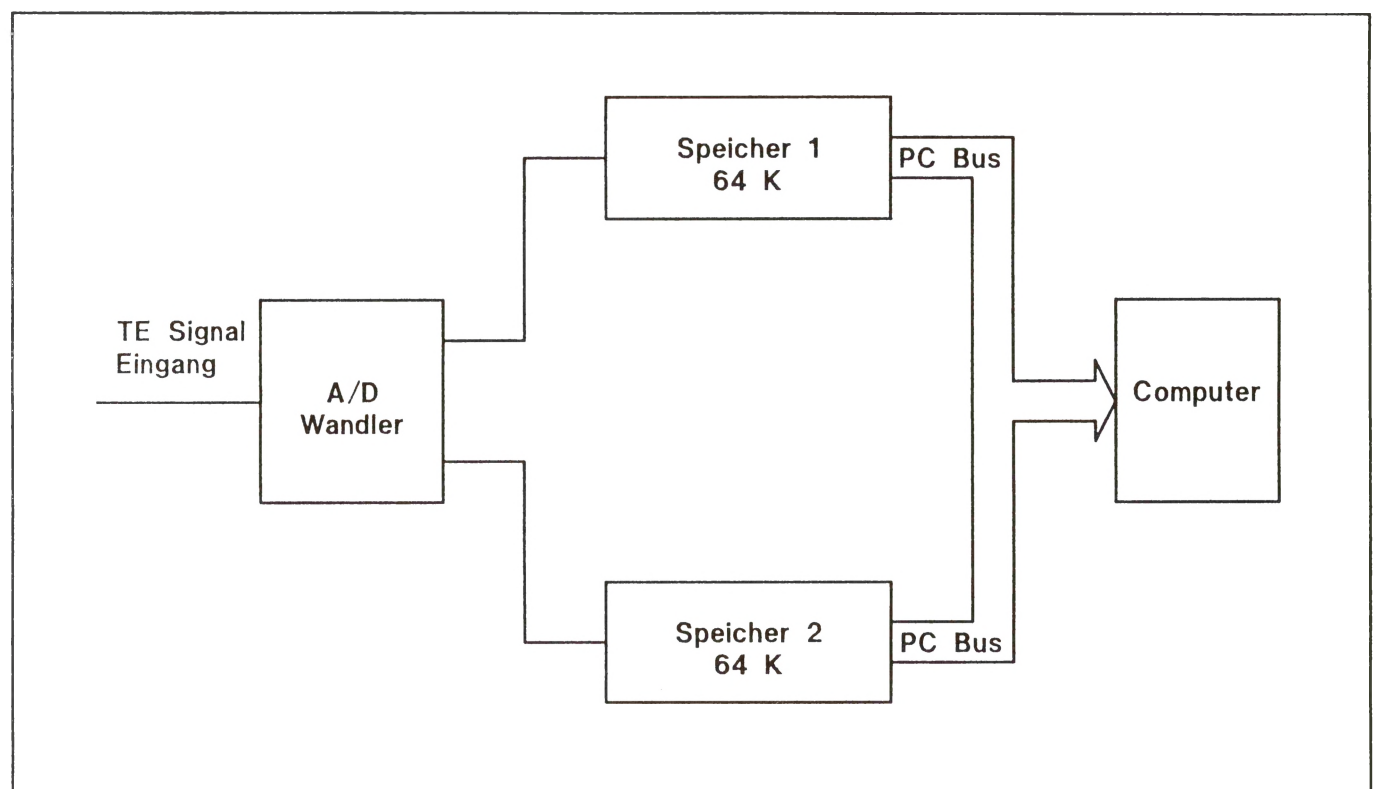


Bild 8 TE- und Spannungs-Signal kombiniert am Eingang des A/D Wandlers

Bild 9 Speicher-Organisation auf der A/D Karte

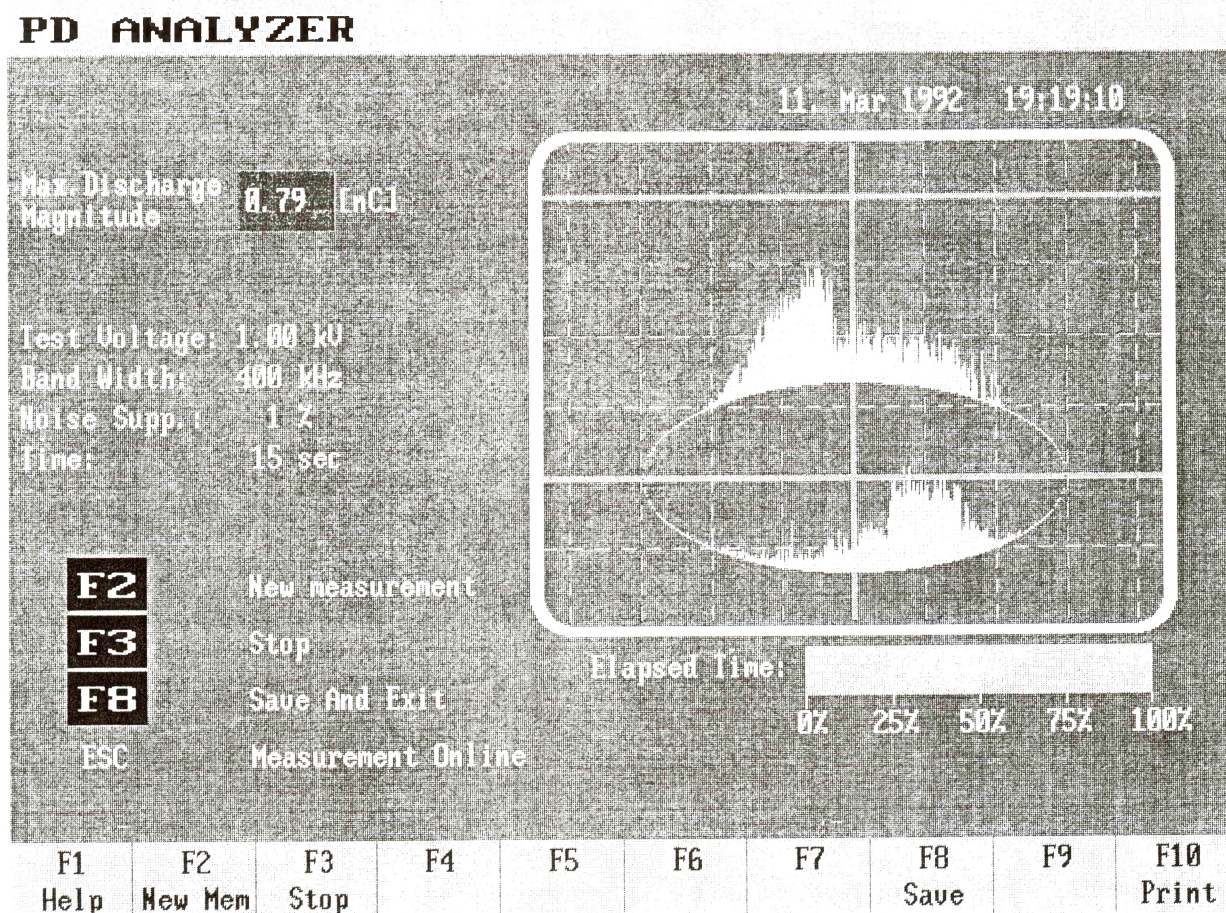


8. Verdichtung der Daten im Computer

Bei einer Taktrate von 200 kHz, und einem Datenwort von 12 bit, wären für die lückenlose Aufzeichnung der TE-Signale, während einer Minute, 24 Mbyte Speicherplatz (8bit Wörter), im Personal Computer (PC), notwendig. Um den benötigten Speicherplatz zu verkleinern, werden die Daten nach dem maximum Prinzip laufend (real time) verdichtet. Diese Prozedur läuft folgendermassen ab: Im Arbeitsspeicher des Computers werden eine Anzahl Speicherplätze (z.B 30) mit der Länge einer Periode eröffnet. Angefangen mit dem ersten + Sync werden die Daten der ersten Periode in den 1. Speicher geschrieben, nach der Detektion des nächsten + Synch wird der 1. Speicher mit den Daten der zweiten Periode dort überschrieben, wo das neue Datenwort einen höheren Wert aufweist als das

Vorhergehende. Nach einem dreissigstel der Aufzeichnungsdauer wird auf den 2. Speicher umgeschaltet, gleichzeitig wird der Bildschirm aktualisiert usw. Am Ende der Testzeit erhält man die maximalen TE-Signalwerte in 30 Speicher unterteilt. Mit dieser Methode gehen keine Maximalwerte verloren. Die Aufzeichnung genügt der IEC Empfehlung. Anschliessend werden alle Maximalwerte vom Rechner, in Funktion der Phase, auf einer Ellipse dargestellt. Da diese Verdichtung während der laufenden Datenübernahme ausgeführt wird, musste die Rechenroutine in Assembler-Sprache geschrieben werden, um die Rechenzeit zu minimalisieren. Die Rechenleistung eines Intel 386 Processors mit 33 MHz Clockrate wird für diese Art der Datenübernahme und Verdichtung zu ungefähr 80 % ausgenützt.

Bild 10 Computer Bildschirm mit verdichteten Daten



9. TE Auswerte System

Die oben beschriebene lückenlose Datenübernahme wurde in diesem Gerät verwirklicht. Es besteht aus einem PC Computer 386 DX mit 33 MHz Clock, einer Festplatte von 120 Mb, und einem 3.5" Diskdrive. Die Daten werden vom TE Detektor TE 561 übernommen und auf dem 14" Farbbildschirm dargestellt. Sie können verdichtet auf der Festplatte gespeichert werden. Während der Datenübernahme bleibt genügend Prozessor Kapazität um den Bildschirm nach jedem Speicher zu aktualisieren und um die Testzeit anzuzeigen.

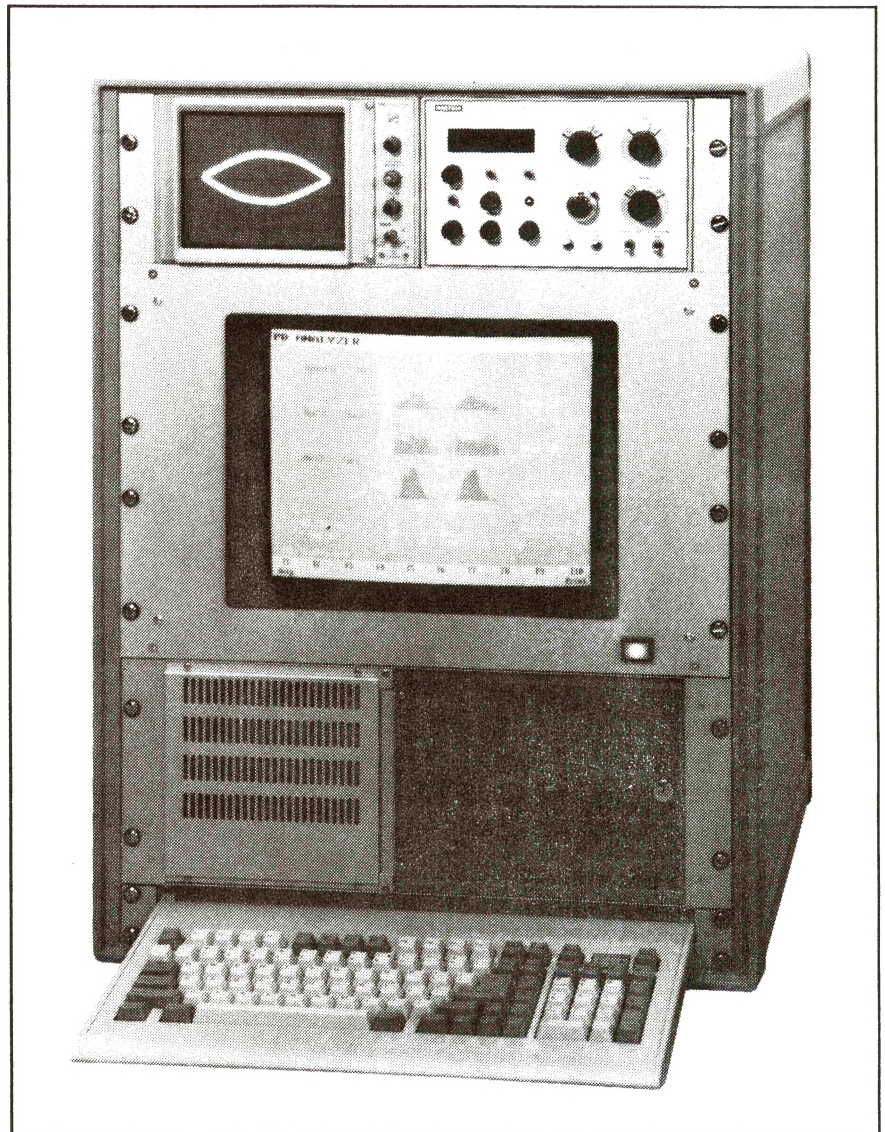


Bild 11 TE-Auswerte-System mit TE-Detektor TE 561

10. Zusammenfassung

Während der Spannungsprüfung an Hochspannungsapparaten (15 bis 10'000 Sekunden), ist es möglich, mit diesem Aufzeichnungs-System, die lückenlose digitale Erfassung der TE-Impulse vorzunehmen. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Computer erlaubt, dass alle alle erfassten TE-Daten gleich-

zeitig mit einem Maximum-Kriterium verdichtet und gespeichert werden. Die simultane Anzeige der Daten auf dem Bildschirm ist gewährleistet. Die verdichteten Daten können jederzeit wieder eingesehen oder für eine computergestützte Auswertung verwendet werden.