

Das Schußauslösesystem ZXDD

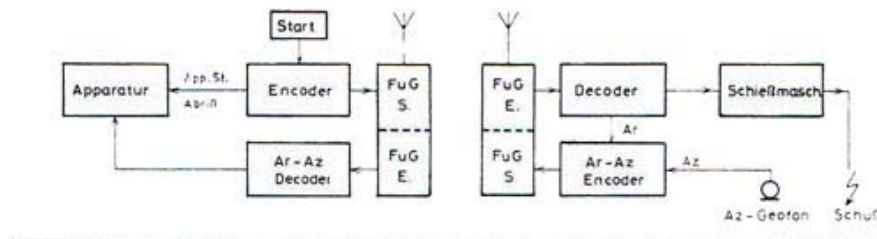
PRAKLA-SEISMOS Report 2 / 74



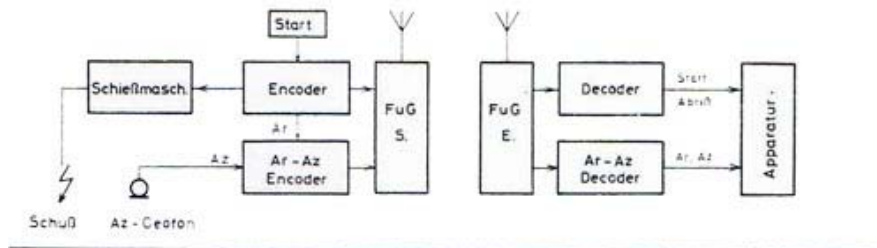
Bei sprengseismischen Untersuchungen ist üblicherweise die Registrierapparatur räumlich sehr weit vom Schußpunkt entfernt, und zwischen Meßwagen und Schießmeister besteht eine Sprechverbindung mit Funkgeräten. Wenn die Apparatur aufnahmebereit ist und der Schießmeister den Schuß freigegeben hat, soll nun die Apparatur anlaufen, etwas später soll der Schuß gezündet und dieser Schußmoment (Abriß) möglichst zeitgenau aufgezeichnet werden. Auch das Zeitintervall vom Schuß bis zum Ersteinsatz des Aufzeit-Geophons zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in der Verwitterungsschicht soll mit aufgezeichnet werden, und zwar sicherheitshalber aus technischen Gründen möglichst mehrmals im Sekundenrhythmus.

Das Schußauslösesystem ZXDD erzeugt die Signale für den Start der Apparatur und die Auslösung des Schusses über Funk und kann im Anschluß hieran das Abriß-Aufzeitintervall (Ar-Az) per Funk übertragen.

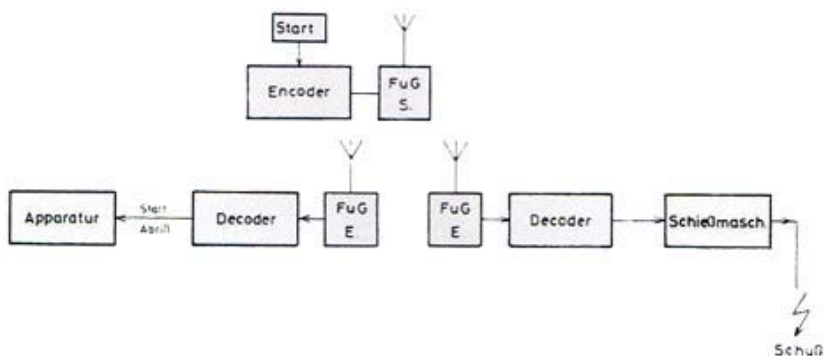
1) Auslösung von der Apparaturseite



2) Auslösung von der Schußseite



3) Auslösung bei Relais-Betrieb



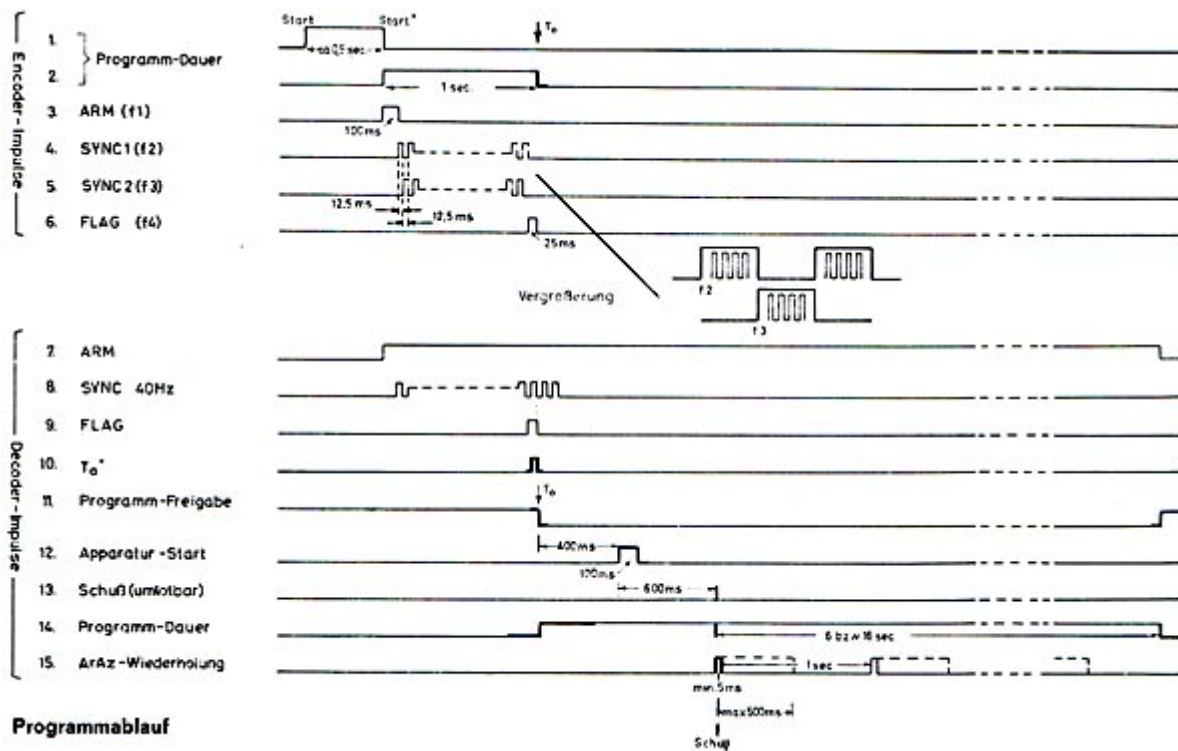
Betriebsarten

Gelingt es, eine möglichst genaue zeitliche Übereinstimmung der Programmsteuerungen auf der Sendeseite (Encoder) und der Empfangsseite (Decoder) herbeizuführen, so ist es gleich, ob der Schießmeister per Funk die Apparatur startet oder ob die Schußauslösung per Funk vom Meßwagen her geschieht. In beiden Fällen ist der Programmablauf zeitgleich (synchron). Bei beiden Betriebsarten ist die Übertragung des Abriß-Aufzeit-Intervalls möglich und hinreichend genau. Bei schlechtem direktem Funkkontakt zwischen Meßwagen und Schießmeister kann aber auch eine dritte Station (Relaisgerät) auf der einen Seite die Apparatur starten und auf der anderen Seite über das Schießmeistergerät den Schuß auslösen. Da die von uns verwendeten Funkgeräte nur für reines Wechselsprechen eingerichtet sind, ist allerdings in diesem Fall keine Ar-Az Übertragung mehr möglich: das Funkgerät der Relaisstation müßte ja gleichzeitig empfangen und senden (siehe Abbildung „Betriebsarten“). Weiterhin ist die Auslösung von vielen gleichzeitigen Funktionen durch ein zentrales Sender-Gerät bei guter Funkverbindung zu allen Empfangs- oder Decoder-Stationen möglich (Master-Slave-Prinzip): z. B. Auslösen eines Schusses und Starten von mehreren Apparaturen oder auch zeitlich gestaffelte Auslösung von Funktionen an verschiedenen Orten.

Nach dem bisher Gesagten läßt sich die technische Funktion des Schußauslösesystems ZXDD in zwei Hauptaufgaben unterteilen:

- Bildung eines „zeitgleichen“ Augenblicks T_0 im Sender und Empfänger unter Einhaltung eines vorgegebenen Zeitfehlers ($\pm 0,6$ ms) und
- Erreichung einer möglichst großen Unempfindlichkeit gegen Störungen, gleich, ob es ein für den Frequenzbereich der Funkgeräte „weißes Rauschen“ (Gemisch verschiedener Frequenzen bei sehr niedriger Empfangsfeldstärke) oder ein extrem ähnliches Signal wie das auszuwertende ist.

Wie diese Aufgabenstellung gelöst wurde, soll nun an Hand der Abbildung „Programmablauf“ kurz erläutert werden:



Im Sender (**Encoder**) - Signale in Zeile 1 bis 6 - werden nach einer Vorlaufzeit von etwa 0,5 s (Zeile 1, zur Aktivierung der Funkendstufe) genau 1 s lang (Zeile 2) vier Frequenzen f1 bis f4 über das Funkgerät ausgesendet. Die Rückflanke dieser Sekunde legt im Encoder den Zeitpunkt T0 fest. Zu Beginn der Sekunde kommt zuerst für die Dauer von 100 ms die sogenannte ARM-Frequenz f1 (Zeile 3), durch die der darauf abgestimmte Decoder angesprochen wird. Danach werden zwei Frequenzen f2 und f3, SYNC 1 und SYNC 2 in Zeile 4 und 5 alternativ mit 40 Hz übertragen, mit denen die quartzgesteuerte Programmteilerkette im Empfänger synchronisiert wird. Am Ende dieses Impulstelegramms kommt dann noch der Markierungsimpuls FLAG mit f4 von 25 ms Dauer zur Erzeugung des Zeitpunktes To im Empfänger.

Im Empfänger (**Decoder**) - Zeile 7 bis 15 - geschieht bei Empfang der Signale folgendes: Wenn die ARM-Frequenz als richtig erkannt wird, kann er überhaupt erst auf die folgenden Signale des erwarteten Impulstelegramms „hören“ (Zeile 7). Durch die Mittelwertbildung aus den beiden Frequenzen SYNC 1 und SYNC 2 wird dann eine Frequenz SYNC 40 Hz (Zeile 8) gewonnen, die sehr unempfindlich gegen Störungen im Funkweg ist. Diese Frequenz synchronisiert den Programmteiler im Empfänger, wobei dafür gesorgt ist, daß der vorgegebene Zeitfehler nicht überschritten wird. Nur wenn die Synchronisierung gelungen ist, kann die zum Schluß empfangene FLAG Frequenz (Zeile 9) einen bestimmten Impuls des Empfänger-Teilers durchlassen (Zeile 10), dessen Rückflanke dann zeitgleich zu To im Sender die Erzeugung der eigentlichen Steuerimpulse im Empfänger freigibt (Zeile 11).

Der in Zeile 12 angegebene Apparatur-Start liegt immer 400 ms nach To, und im Anschluß daran kommt die Auslösung des Schusses (einstellbar, in Zeile 13 als Beispiel 600 ms später gezeichnet). Der gleiche Auslöse-Impuls (Abriß) wird von der Apparatur aufgezeichnet. Zum Schluß ist in Zeile 15 die Übertragung des im Schießmeistergerät gespeicherten Ar-Az-Intervalls dargestellt. Das Abriß-Aufzeit-Intervall darf 5 bis 500 ms lang sein und wird jede Sekunde wiederholt. Das Schießmeistergerät hat für diese Übertragung im Augenblick To sein Funkgerät automatisch auf Senden geschaltet und das Apparatur-Gerät sein Funkgerät auf Empfang. Die Programmdauer ist auf 6 oder 16 s eingestellt, sie kann aber bei Bedarf geändert werden. Danach wird die gesamte Logik auf ihren Ruhezustand zurückgestellt (Zeile 14).

Die wesentlichen Eigenschaften und Vorteile des Schußauslösesystems ZXDD sind:

- Die nach Synchronisierung erreichte Zeitgleichheit der Programmsteuerungen in Encoder und Decoder ist besser als $\pm 0,6$ ms.
- Durch interne Überwachung der Synchronisierung wird gewährleistet, daß der Schuß oder die Apparatur entweder mit dieser Genauigkeit ausgelöst wird oder überhaupt nicht. Selbst bei einem Nutz-Störsignal Verhältnis von 1 : 1 (effektiv gemessen) kann die Genauigkeit garantiert werden.
- Der Schußmoment ist in 0,2 s-Schritten von 0,2 bis 2,6 s nach dem Apparaturstart programmierbar.
- Auf Grund der Übertragung eines speziellen Impulstelegramms mit verschiedenen Frequenzen ist der Einsatz von bis zu vier Trupps auf demselben Funkkanal möglich.
- Encoder- und Decoder-Gerät sind mechanisch gleich - durch Umstecken von gedruckten Schaltungen wird die Funktion festgelegt.
- Das Gerät kann über Kabel fernbedient werden (einschließlich Stromversorgung).
- Der Batterie-Einschub wurde so ausgebildet, daß er auch das Funkgerät aufnehmen kann.
- Mit einer „Test-Auslösung“ kann man das Funktionieren des Systems schnell überprüfen, ohne die Apparatur oder den Schuß auszulösen.
- Mit einer „Test-Auslösung“ kann man das Funktionieren des Systems schnell überprüfen, ohne die Apparatur oder den Schuß auszulösen.

Konzipiert wurde das Schußauslösesystem ZXDD für den Funkbetrieb, aber ein Versuch mit Wechselsprech-Verstärkern anstelle der Funkgeräte ergab, daß bei nicht zu langen zweiadrigen Drahtverbindungen die Spezifikationen ebenfalls eingehalten werden.

Eine Weiterentwicklung wie etwa die direkte Bestimmung des Ar-Az-Intervalls in Millisekunden am Schußort und erst spätere eventuelle „digitale“ Rückübertragung ist durchaus denkbar. Die Festlegung zeitgleicher Augenblicke in räumlich getrennten Systemen gleich welcher Art ist mit dem ZXDD immer möglich, unabhängig davon, welcher Vorgang zum Zeitpunkt To ausgelöst werden soll.

Das z. Zt. im Gerät ZXDD eingesetzte Funkgerät erzielt eine Reichweite von etwa 12 km. Es wurde bereits wiederholt mit Erfolg bei seismischen Messungen verschiedenster Art eingesetzt wie z. B. bei Salzstockunterschießungen auf der „EXPLORA“ und auf Land bei gleichzeitiger Bedienung von zwei seismischen Apparaturen.

Zehn Geräte sind bisher gebaut worden, weitere zehn Geräte werden zunächst noch gebaut. Eine erste Lizenz für den Nachbau wurde Ende 1973 an Geospace vergeben.

H. Inderthal