

Historische Flab-Rechner:

Das Feuerleitgerät «Super-Fledermaus» FltGt63/69 und sein Rechner

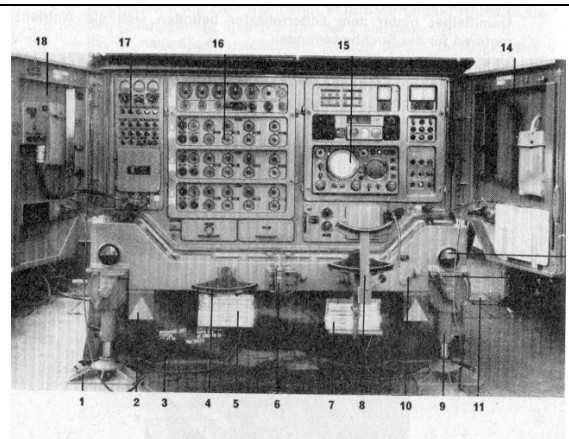
Kurzform	p. 3	Rechenkondensatoren auf Drehwellen	p. 7
Orientierung am Himmel und in der Rechnung	p. 4	Wie wird elektrisch gerechnet ?	p. 11
Gesamtsystem des Rechners	p. 5/6	Magnetische Datenübertragung	p. 12
		Allerlei, Weiteres, Diverses	p. 18
		Historische Entwicklung	p. 22
		Quellen	p. 26

Überblick

Das Feuerleitgerät «Super-Fledermaus» war eine kommerziell äusserst erfolgreiche Anlage zur Steuerung der 35mm-Zwillingskanonen Oerlikon. Federführend war Contraves AG in Zürich (Kurz: CZ). Beim Radar war das Albiswerk führend (gehört zum Siemens-Konzern), viele weitere Firmen waren beteiligt. Zu Export-Zwecken wurde 1952 eigens die Contraves Italiana in Rom gegründet.



Fertig aufgebaut auf dem Schiessplatz im Engadin. Rechts angebautes Zelt (Abdunkelung), Rechner- und Radarbedienung sind drinnen, haben keinen Blick zum Himmel. Auf dem drehbaren Turm sitzt der Richter, mit guter Optik, sowie Steuerknüppel zwischen den Knien. Ganz links der schwere Umformer, um den 50 Hz-Strom in 400 Hz umzuwandeln. Postkarte (Ricardo).



Links Rechner: vier Schubladen A bis D mit Anzeigen der Flugelemente (Höhe, Geschwindigkeit, etc.). Ganz links in der Türe die Anzeige der Geschwindigkeit der Geschosse.
Rechts Radar mit zwei Bildschirmen: Gelb, grösser, nachleuchtend mit Ortsinformationen, rechts grün und schnell für die Distanzen. Ref. 5, p. 20

Der Radarschirm führt beim **Suchen** von Flugzeugen typische rasche Nickbewegungen aus (bei festem Primärstrahler). Beim **Verfolgen und Ausmessen** des Flugzeuges «eiert» der Strahler schnell um die zentrale Achse herum, der Schirm folgt jetzt ruhig dem Flugzeug. Das ergibt eine drehende Keule der Radarstrahlung, und die dadurch erzeugten Unregelmässigkeiten der Echos werden verwendet, um den ganzen Turm in der Seite und den Radarschirm in der Höhe so zu steuern, dass das Flugzeug immer genau im Zentrum behalten wird.

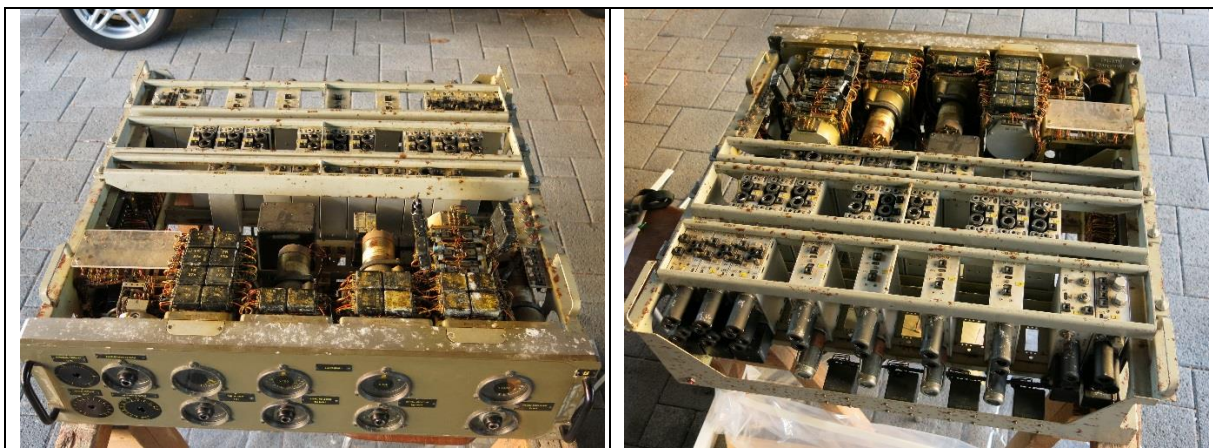
Nicht abgebildet sind die vielen Leute, die alle miteinander per Telefon in Verbindung stehen – und niemand darf schlafen oder träumen oder falsch reagieren! Da sind optische Zielsucher mit wunderbaren Stativ-Feldstechern, mit denen gerade die Hirsche beobachtet werden, da ist die Feuerleitung, die über einen Kasten mit vielen Lämpchen über den Zustand der Anlage informiert wird und den Über-

blick am Himmel behält, letztlich auch das Feuer auslöst. Die Kanoniere schaffen Munition herbei und der Haupt-Kanonier könnte bei ausgefallenem Feuerleitgerät zur Not auch selber zielen mit einem kleinen Zahnrad-Rechner im Flabvisier.

Als Informationen werden vom Radargerät an den Rechner weitergegeben, sobald das Flugzeug ruhig verfolgt wird: Seitenwinkel (Stellung des ganzen Richtturmes), Höhenwinkel (Radarschirm), Distanz (elektronische Messung). Daraus bestimmt der Rechner den Treffpunkt und die Richtung, in der die Kanonen schießen müssen – unter Berücksichtigung des genauen Kanonen-Standortes, der Anfangsgeschwindigkeit, der krummen Flugbahn, der Werte von Temperatur, Barometer und Wind.

Die Schweizer Armee hat ab 1965 insgesamt 111 FltGt 63 angeschafft, sowie ab 1970 38 Stück der verbesserten Ausführung FltGt 69, speziell für die Gebirgsflugplätze. Die grösste Verbesserung der neuen Geräte war eine Standzeichen-Unterdrückung – dargestellt am Radar-Leuchtschirm werden nur noch bewegte Objekte. Berge bleiben deshalb mit schwächeren Zeichen nur noch knapp sichtbar. Abgelöst wurden die Feuerleitgeräte nach ca. 15 Betriebsjahren durch den neuen Radar Skyguard, mit Digitalrechner. Auch die Kanonen sind mehrfach modernisiert worden.

Der Verfasser dieses Berichtes konnte nach einer Ricardo-Auktion die Schublade B des Rechners erwerben (von einem Gerät der Schweizerischen Vogelwarte, zur Untersuchung der Vogelzüge, aus spanischen Beständen stammend, für Österreich bestimmt). Die meisten Fotos von Details stammen aus dieser Rechner-Schublade. Es zeigten sich nach 50 Jahren deutliche Korrosions-Spuren bei Eisen und Aluminium, wahrscheinlich vom Meersalz in Küstengebieten: Wenn bei Sturm Wassertröpfchen aus der Gisch weggeblasen werden, bleiben nach der Verdunstung allerfeinste Salz-Körnchen übrig, die trotz der Wärmetauscher-Lüftung in die Geräte eindringen – dort beginnt die Korrosion.

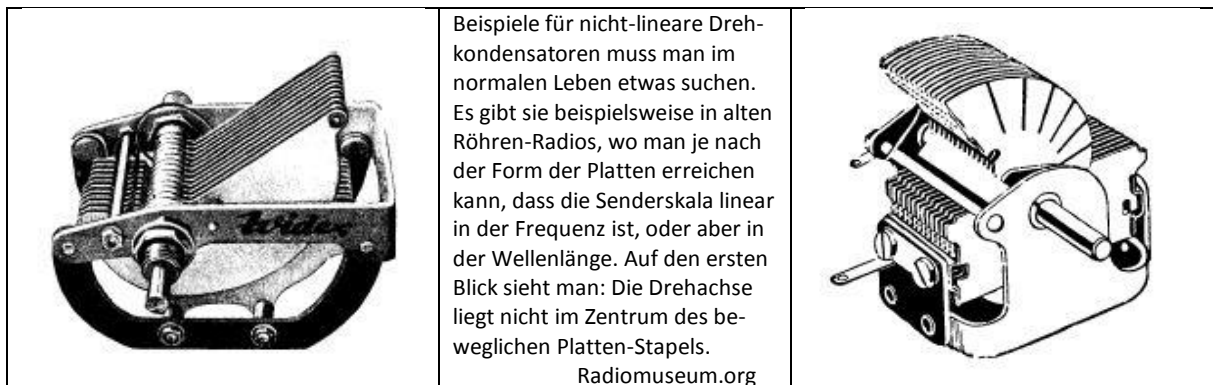


Ausgebaute Schublade B des Rechners, links Vorderseite mit Anzeigen, dahinter die Drehwellen mit Rechenkondensatoren. In der hinteren Hälfte (Bild rechts) die Röhrenverstärker, z.B. in der Mitte gegen den Betrachter die vier Verstärker für die Motoren, mit vier starken Röhren (heller Blechdeckel ganz unten) und die Ausgangstransformer daneben, schwarze Kistchen zwischen den Röhren.

In diesem Bericht wird untersucht, nach welchen Prinzipien der Rechner arbeitet. Die Rechenvorgänge sind sehr ausgeklügelt, mit unzähligen Tricks und Raffinessen und Verfeinerungen – es ist unmöglich, auf zwei Dutzend Seiten ein Bild davon zu geben. Der Radar-Teil und die Kanonen werden in dieser Arbeit nicht besprochen.

Kurzform – der Rechner im Schnellgang erklärt

- > Das **Radargerät** liefert zwei Winkel (Seite und Höhe) sowie die Distanz zum Flugzeug.
- > Im **Rechner** werden diese drei Grössen sowie alle daraus errechneten weiteren Variablen wie Geschwindigkeit, Flughöhe etc. als **Analog-Grössen dargestellt**, nämlich als Verdrehungswinkel von **Drehwellen** (Verdrehungsbereich 90° oder 180° oder 360°). Am Ende der Drehwellen erlaubt ein Zeiger die Ablesung der aktuellen Werte.
- > Auf den Drehwellen fest aufgeschraubt sind **Drehkondensatoren**, oft mit speziellen Formen des drehbaren Teiles. So kann die Kapazität eines Drehkondensators linear mit dem Verdrehungswinkel ansteigen, oder sinus- resp. cosinus-förmig mit dem Drehwinkel, oder es wird eine Eigenschaft der gekrümmten Geschoss-Flugbahn abgespeichert, oder eine Quadrat-Funktion.



> Neben den mechanischen Drehwinkeln dienen auch **elektrische Wechselspannungen (400 Hz)** mit variabler Voltzahl (bis 30 V) als Abbildungen der Flugzeugbahn (z.B. viele Volt bei hoher Geschwindigkeit). Viele der Variablen kommen sowohl als Drehwinkel wie auch als Spannung vor. Ein **«Rechenkondensator»** gibt als Ausgang eine Spannung ab, die dem Produkt entspricht: Eingangsspannung mal Kapazität; beide Grössen sind variabel. Beispiel: Wegstrecke (Spannung am Ausgang) = Produkt der Geschwindigkeit (Spannung am Eingang) und der Flugzeit (Drehwinkel, entspricht der Kapazität).

> Zu rechnen sind jetzt der **Treffpunkt** am Himmel (je nach Geschossflugzeit und Flugzeuggeschwindigkeit), die **Geschossflugzeit** (je nach Treffpunkt und Anfangsgeschwindigkeit), und die **Winkel**, in der die Kanonen schiessen müssen, um trotz gebogener Flugbahn das Flugzeug wirklich zu treffen. Geschlossene Rechenkreise sind der Normalfall: A beeinflusst B, und B beeinflusst A.

> Zählt man alles zusammen, gibt es insgesamt **25 motorisierte Drehwellen** (plus wenige mit Hand-einstellung) sowie **68 Doppel-Rechenkondensatoren** (plus wenige Dreh-Widerstände). Grob- und Feinbereich der Anzeigewellen sind dabei nicht doppelt gezählt.

> Ein Wald von **Elektronenröhren** verstärkt die Signale, macht sie belastbar für die nächsten Rechenstufen, und steuert die Motoren. Gezählt wurden im Rechner allein (ohne Radar, ohne Richtturm) **219 Röhren**. Viele **Transformatoren** stellen die nötigen symmetrischen Signale für die Kondensatoren bereit. Schliesslich gibt es neben den Motoren noch neun Verbindungen mit **«Synchros»**, um bereits eingestellte Winkelwerte von Drehwellen auf andere Wellen hinüberzukopieren (vom Richtgerät auf den Rechner, vom Rechner zu den Kanonen), und weitere vom optischen Zielsuchgerät her und vom Parallax-Rechner bei Einweisung durch das ZZR (Zielzuweisungs-Radar).

Orientierung am Himmel – und in der Rechnung

Aufgabe:

Der Radar-Teil erkennt Position und Distanz zum Flugzeug – wie erkennt der Rechner daraus, wohin zu schießen sei ? Wo ist der Treffpunkt vor dem Flugzeug, an dem sich Schüsse und Flugzeug treffen werden ? Wie lange dauert die Geschoss-Flugzeit ? Die bestimmt wiederum den Treffpunkt, und der Treffpunkt bestimmt die Flugzeit...

Gedanken und Zusammenhänge werden im Folgenden dargestellt – aber es ist nicht ganz so realisiert worden. Tatsächlich gibt es zur Darstellung der Flugzeugbewegung ein Gemisch unterschiedlicher Koordinatensysteme, die verwirrend wirken und stark ineinander verschachtelt sind:

Rechtwinklige Koordinaten:

x, y, z oder dasselbe wie:

Ost-West, Nord-Süd, Höhe über Boden

Polare Koordinaten (vom Radar geliefert)

Seitenwinkel, Höhenwinkel, Distanz

Ost- oder Nord-Geschwindigkeit

Seiten- oder Höhenwinkel-Geschwindigkeit,

In jedem System könnte man sich beim Studium der Pläne einigermaßen orientieren – aber der stete Wechsel hin und her verwirrt und ermüdet. Der Grund dafür ist der folgende: Die gemessenen Geschwindigkeiten **müssen geglättet und gemittelt werden**, und das geht **nur** bei den rechtwinkligen Koordinaten. Die Winkelgeschwindigkeiten sind nicht konstant, selbst wenn das Flugzeug immer gleichmässig geradeaus fliegt. Es gibt sogar zwei Systeme unterschiedlich geglätteter rechtwinkliger Geschwindigkeiten. Daraus und mit den Polarkoordinaten wird weitergerechnet. Ein Satz der geglätteten rechtwinkligen Koordinaten wird zurückverwandelt in verbesserte Polarkoordinaten, und geht zurück zum Radar- und Richtturm, um Zitterigkeiten zu glätten und um bei Bedarf dort die Führung zu übernehmen (Befehl «Durchverfolgen», wenn der Flieger ganz hinter einem Berg verschwindet). Die abgespeicherten Geschossflugbahnen benötigen auch Polarkoordinaten (Entfernung, Höhenwinkel).



Das hintere Ende der Welle, deren Drehwinkel der Schräg-Distanz zum Flugzeug entspricht (Bereich 0° bis 180° am Zeiger entspricht 0 bis 14 km). Durchmesser des Gehäuses ca. 9 cm.

Fünf Mikroschalter tasten je ihre Nockenscheibe ab, damit die Glättung von Geschwindigkeit und Beschleunigung für jede Distanz optimal erfolgt. Drei von fünf Schaltern schalten bei 1 km, 3 km, 6 km. Glättung Beschleunigung: Ref.2, Bd.6, p.88. Glättung Geschwindigkeit: p.51-70. Fotografie über einen Spiegel. Es befinden sich auf dieser Welle 5 Rechenkondensatoren für distanzabhängige Funktionen, vgl. p.10.

Es folgt das Schema der Hauptüberlegung: **Wie findet man den Treffpunkt ?**

Kernpunkt ist die Bestimmung der **Geschoss-Flugzeit**. Hat man die Dauer dieser Flugzeit, so lässt sich die zukünftige Position des Flugzeuges aus seiner Geschwindigkeit extrapolieren. Die Bestimmung

der Geschossflugzeit erfolgt so: **Man probiert sie aus**, man probiert mit einem Motor hin und her, macht die unbekannte Flugzeit grösser oder kleiner, und **vergleicht dabei zwei Distanzen vom FltGt bis zum vorausliegenden Treffpunkt** :

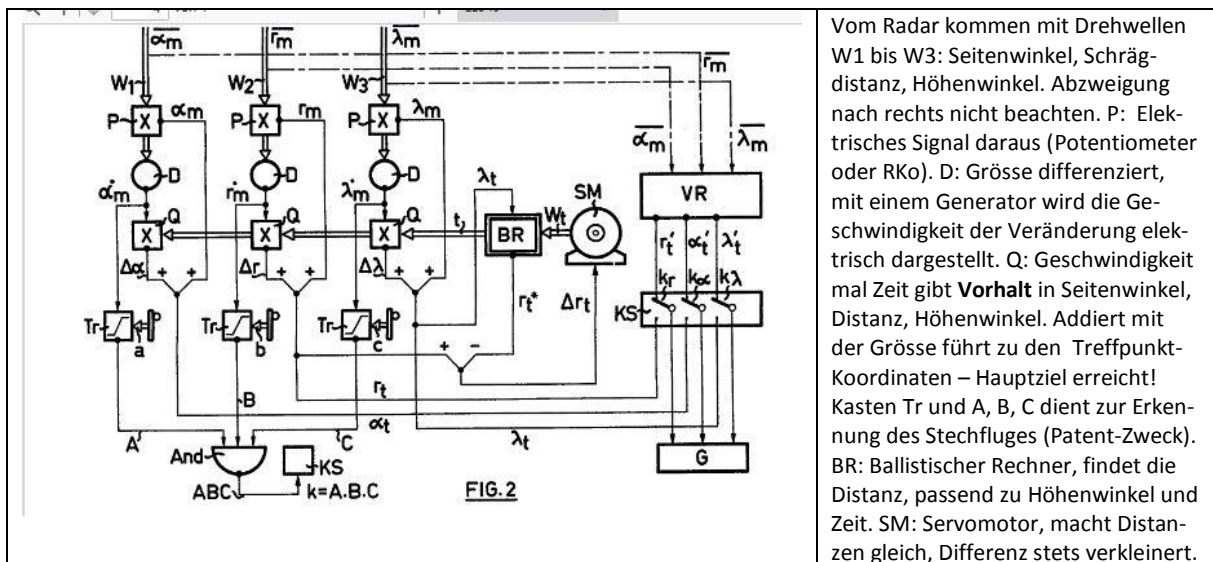
- Einerseits nimmt man die gegenwärtig gemessenen Koordinaten Seitenwinkel, Höhenwinkel, Distanz zum Flugzeug, und vermehrt sie um das Produkt ihrer Geschwindigkeiten mal die versuchsweise eingestellte Geschossflugzeit.

- Andererseits stellt man sich die Geschossflugbahn vor: Zu jeder Schrägdistanz und jedem Höhenwinkel ist die Flugzeit eindeutig gegeben. Man kehrt um: Zum prognostizierten Höhenwinkel und zur versuchsweise eingestellten Geschossflugzeit zum Treffpunkt gibt es genau eine Schrägdistanz.

Diese beiden Distanzen werden jetzt gleichgesetzt: Man bildet die Differenz, der Motor der Welle «Geschossflugzeit» bewegt sich immer so, dass die Differenz null wird und bleibt. Die Differenz der Distanzen wird verstärkt und im richtigen Drehsinn dem Flugzeit-Motor zugeführt – **die Geschossflugzeit ist damit jederzeit gefunden – und sie verändert sich dauernd, bis zum Schiessen.**

Schema: aus **Contraves-Patent CH465926** (eingereicht 1968, veröffentlicht 1969). Der Rechner zum FltGt63/69 ist bereits gebaut. Mit TR und den logischen Toren links unten soll der Stechflug automatisch erkannt werden, das gibt eine andere Vorhalterechnung (VR) als im Normalflug.

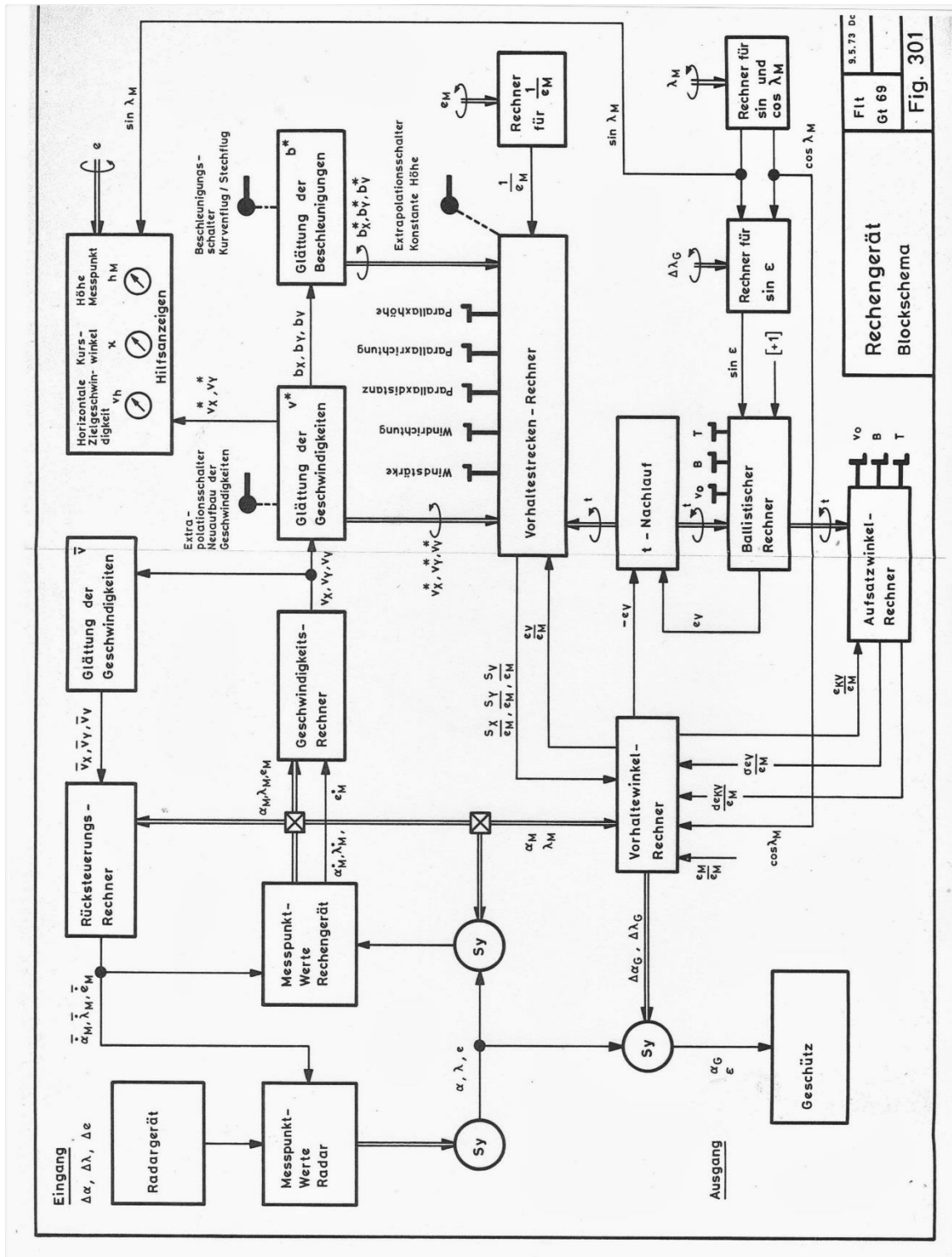
Einfache Linien: Elektrische Signale. Doppelstrich: Mechanische Drehwelle. Echt realisiert: Nicht nur mit Polarkoordinaten!



Vom Radar kommen mit Drehwellen W1 bis W3: Seitenwinkel, Schrägdistanz, Höhenwinkel. Abzweigung nach rechts nicht beachten. P: Elektrisches Signal daraus (Potentiometer oder RKO). D: Grösse differenziert, mit einem Generator wird die Geschwindigkeit der Veränderung elektrisch dargestellt. Q: Geschwindigkeit mal Zeit gibt Vorhalt in Seitenwinkel, Distanz, Höhenwinkel. Addiert mit der Grösse führt zu den Treffpunkt-Koordinaten – Hauptziel erreicht! Kasten Tr und A, B, C dient zur Erkennung des Stechfluges (Patent-Zweck). BR: Ballistischer Rechner, findet die Distanz, passend zu Höhenwinkel und Zeit. SM: Servomotor, macht Distanzen gleich, Differenz stets verkleinert.

Gesamt-System des Rechners nach Funktionsgruppen angeordnet

Die oben erklärte Ermittlung der Geschossflugzeit (durch aktives Gleichsetzen zweier Distanzen) ist nur ein Detail im ganzen Rechenprozess, allerdings ein wichtiges. Es folgt jetzt das ganze Rechen-system, nach Ref. 1, Fig. 301.



- > Die Bestimmung der Geschossflugzeit ist rechts unter der Bildmitte zu finden (wenn Bild gedreht): t-Nachlauf, Vergleich zweier unterschiedlicher Distanzen e_v (Entf. zum Vorhaltepunkt = Treffpunkt).
- > Das Radargerät ist links oben (Plan um 90° gedreht); es liefert zwei Winkel für Seite und Höhe und die Entfernung zum Messpunkt (= Flugzeug).
- > Doppelte Striche sind mechanische Drehwellen. Bei drei angeschriebenen Variablen stehen auch auch drei Drehwellen dahinter. Einfachstriche sind elektrische Signale, 400 Hz, mehr oder weniger

Volt. Negativwerte durch Phasenumkehr. Glättung von Variablen mit Stern gilt für den Rechner, mit Querstrich für die Rückverwandlung in Polarkoordinaten (also Polar-Geschwindigkeiten) für Radar und Richtturm: «Nachlaufter- Kompensationsspannungen», damit der Richter besser dem Flugzeug folgen kann, bzw. damit seine Zitterigkeit weniger Einfluss hat (gilt auch für die Radar-Distanz).

> Einzelne Rechenkondensatoren sind hier nicht eingezeichnet, nur was die ganzen Gruppen tun.

> Nach der Ermittlung der Geschossflugzeit (bereits mit dem richtigen Vorhalt) werden die Vorhalt-Strecken gerechnet, die das Flugzeug in dieser Zeit noch fliegen wird, daraus die Vorhalt-Winkel, die werden zu den Winkeln des Richtgerätes addiert und zusammen an die Kanonen ausgegeben. Zeitberechnung und Vorhaltbestimmungen erfolgen **für jede Kanone separat** (hier nur einmal gezeichnet): Fast die ganze untere Bildhälfte wird somit dreifach ausgeführt.

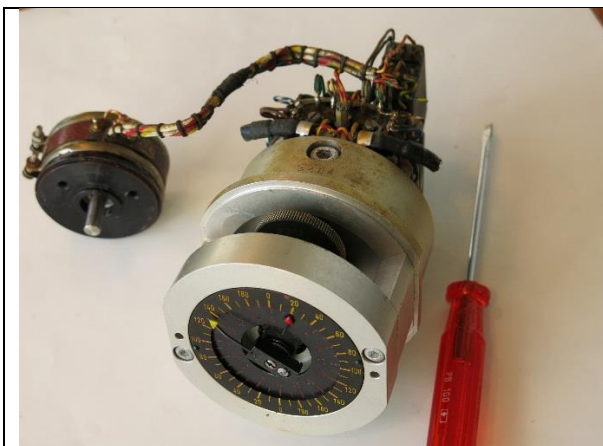
> Acht Größen werden von Hand eingedreht mit stilisiertem Handrad (Luftdruck, Temperatur, Wind, Anfangsgeschw., etc.) – sie bleiben jeweils länger konstant, unabhängig von der Flugzeug-Bewegung.

Es wurden insgesamt drei weitere, ähnliche Schemazeichnungen des Rechners gefunden, oft mit stärker zusammengefassten Kästchen. Sie sind eher schwerer verständlich. Einige Schemata stammen ev. von Vorläufer-Geräten (?).

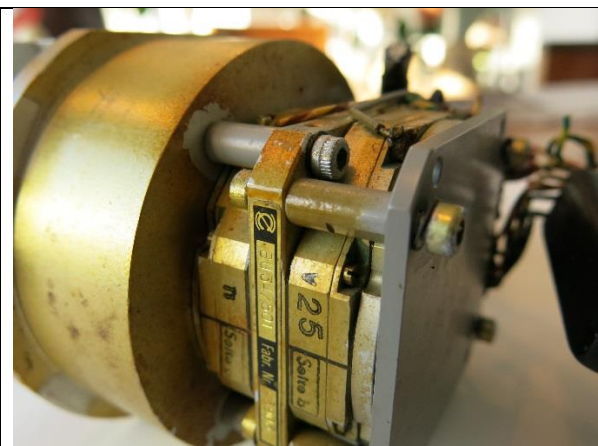
Rechen-Kondensatoren (RKO) auf den Drehwellen

Kern- und Angelpunkt der Rechnungstechnik sind Drehwellen mit darauf sitzenden Stapeln von Rechenkondensatoren, sowie deren Speise-Transformatoren. Letztere versorgen die unbeweglichen Teile der Kondensatoren mit meist symmetrischen Wechselspannungen (Erde, plus/minus eine Eingangs-Spannung, deren Betrag für eine physikalische Größe steht).

Am einfachsten aus der Geräteschublade auszubauen war die Gruppe Parallax-Distanz und Parallax-Winkel, d.h. der Ortsunterschied zwischen Geschütz und FltGt. Der Höhenunterschied wird anderswo separat verrechnet.

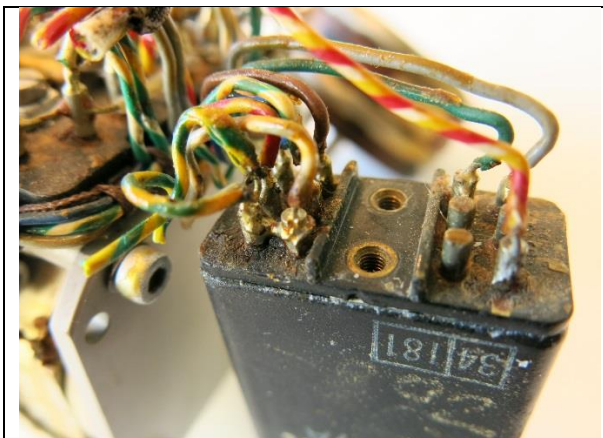


Ausgebaute Gruppe zur Einstellung der Richtung zu einem der Geschütze. Steht die Kanone 150 m neben dem Radargerät, muss diese Strecke sowie Richtung und Höhe berücksichtigt werden. Von Hand wird die Richtung an den Zeigern eingestellt. Am Potentiometer links die Distanz bis 250 m, die Höhe ist anderswo einzustellen.

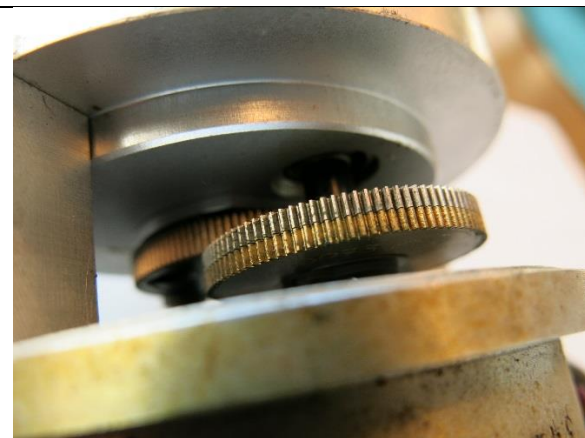


Durch Zahnräder werden Drehkondensator und Zeiger (grob/fein) gekoppelt. Zwei Kondensatoren sind paarweise um den mittleren Block befestigt; beide Rotoren sind verbunden durch die zentrale Drehwelle. Zum Stator bringt der Speisetransformator 8 Drähte (oben 4, unten 4), ihr Signal ist proportional zur Distanz bis zur Kanone.

Der bewegliche Teil der Kondensatoren spürt je nach Drehwinkel mehr oder weniger Spannung – und die muss sofort verstärkt werden. In geschirmten Koaxialkabeln werden die Ausgangs-Spannungen zu Röhrenverstärkern geführt. Anschliessend stehen sie weiteren Berechnungen zur Verfügung. Die RKO (Abkürzung für Rechen-Kondensatoren) haben bei 400 Hz einen Ausgangswiderstand von ungefähr 2 MOhm, d.h. die geringste Belastung verfälscht die Spannung sofort massiv, deshalb zuerst der Verstärker. Er erzeugt belastbare Signale.



Der Transformator bringt das symmetrische Signal «Abstand» zu den 2x4 Stator-Sektoren, nächste Seite



Das Getriebe bedient die beiden Zeiger grob/fein mit dem richtigen Umdrehungs-Verhältnis.

Zum Getriebe, in teurer Military-Qualität: Zwei Zahnräder sind aus unterschiedlichen Metallen gefertigt und wie verdoppelt, greifen aber in ganzer Breite in Einfach-Räder gleicher Breite ein. Hier wird nur selten ein Wert verstellt, von Hand und langsam, einmal beim Stellungsbezug. Der Flugzeug-Bewegung folgt hier nichts nach, alles bleibt stehen. Verspanntes Zahnrad verhindert das «Spiel» bei Richtungsänderungen, hier wohl unnötig. Ev. gleich hergestellt wie bei den anderen Variablen, wo Spiel-freies Drehen wichtiger ist.

Da sich der Kondensator als fest verklebt erwies, konnte er ohne Gewalt und Schaden leider nicht geöffnet werden. Deshalb hier das Bild eines RKO (unter Ricardo versteigert) als Ersatz, s. auch p. 25:



Gross: Fester Mittelteil zwischen den beiden Rotoren. Die Statoren haben hier vier Sektoren, untereinander isoliert (Luftspalt, aussen mit Klebebrücke).

Darauf in engem Abstand, kleiner: der Rotor. Er ist so geschnitten, dass die Kapazität beim Drehen von einem zum nächsten Sektor sinusförmig zu- oder abnimmt. Der Rotor greift mit seinen Rillen in die entsprechenden Vertiefungen des Stators. Darüber käme der Deckel des Stators, wieder mit den Rillen eingreifend. Das ist zusammen die Hälfte eines Rechenkondensators. Der zweite Rotor ist hinter dem Mittelteil. Er wirkt allein, oder auch zusammen mit dem ersten Rotor – aber der Drehwinkel bleibt natürlich fest gekoppelt. Andere RKO arbeiten linear oder haben Teile der Geschossflugbahn gespeichert.

Hier bleibt's beim Gedanken-Faden zu den RKO – weitere Detail-Informationen dazu siehe p. 25/26

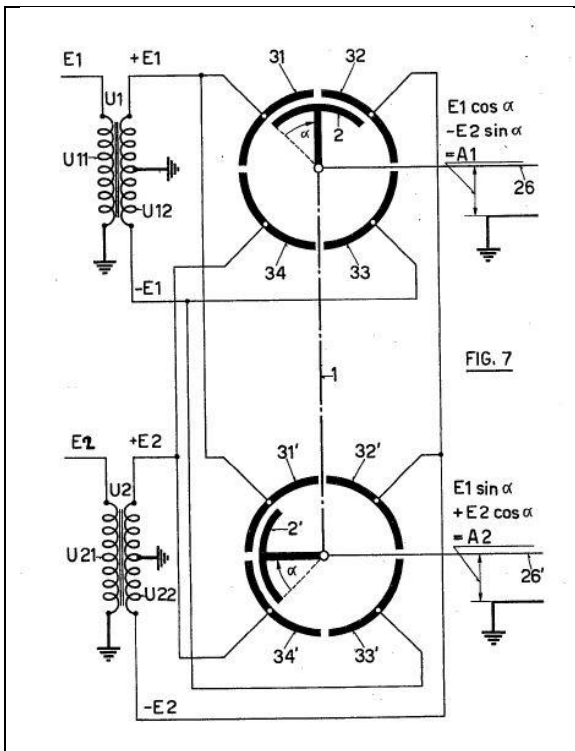
Was die ausgebauten Kondensatoren zur Parallaxe liefern:

vgl. Ref. 1, p. 485

Zwei getrennte Ausgangsspannungen $U_1 = d \cdot \sin \varphi$ das heisst: Ost-Distanz zur Kanone
 und $U_2 = d \cdot \cos \varphi$ Nord-Distanz

d = Distanz zwischen FltGt und Kanone, φ = Richtung zum Geschütz ab Norden.

Elektrisch gerechnet wird wie folgt (hier allerdings mit zwei Eingangs-Signalen E1 und E2, statt nur einem einzigen Faktor d):



Aus dem **Contraves-Patent CH322793** (1954/57):
 Ansteuerung zu nochmals erweiterter Funktion mit zwei unterschiedlichen Speisespannungen, ebenfalls zwei Rotoren, mit Stator zu vier Sektoren. Das gibt zwei Eingänge E und zwei Ausgänge A:

$$A1 = E1 \cos \alpha - E2 \sin \alpha$$

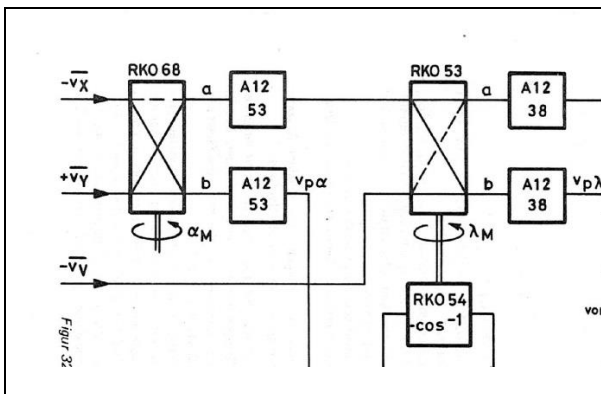
$$A2 = E1 \sin \alpha + E2 \cos \alpha$$

Die beiden Spannungen sind mit + und - am Stator je «diagonal gegenüber» angelegt. Links die beiden Transformatoren, die jeweils oberhalb der RKO angeordnet sind. Die Regel sind zwei Trafos wie hier, selten nur einer oder gar deren drei pro RKO.

Diese sin-, cos-Funktionen kommen häufig vor in der räumlichen Orientierung am Himmel!

(Bei der Funktion 1/e (reziprok) sind zwei leere Trafo-Büchsl, ohne Kern, ohne Spulen, nur mit Verbindungsdraht drin.)

Weil gerade diese Kombination oft vorkommt, hat man ihr eine Art «graphischer Abkürzung» gegeben:

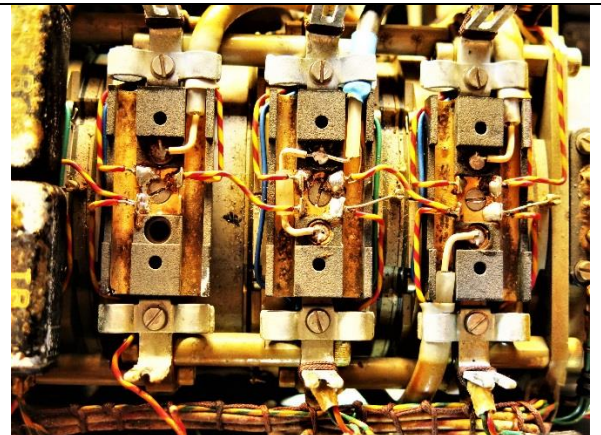


Aus einem Schaltplan: Rechenkondensator 68 (auf Seitenwinkel-Welle α) und 53 (auf Lagewinkel λ) erhalten links zwei Signale als Eingänge, vgl. Patent-Beispiel oben. Rechts die Ausgänge, wobei gilt: **Strich geradeaus** bedeutet Eingang mal cosinus des Winkels, **Strich abgewinkelt** bedeutet Eingang mal sinus. **Strich durchgehend** bedeutet «plus», **Strich unterbrochen** bedeutet «minus». A sind die Verstärker, nicht mehr eingezeichnet sind die Speisetransformatoren (sie bleiben so wie beim Patent oben). a, b sind die Ausgänge beider Hälften desselben Kondensators. Ref. 1, p.479.

Bei den wichtigeren Variablen sitzen mehrere RKO aufgereiht auf derselben Drehwelle, z.B. fünf Doppel-Kondensatoren auf der Welle «Distanz zum Messpunkt», oder sieben auf der Welle «Lagewinkel Messpunkt». Gleich darüber sind jeweils die Speise-Transformatoren befestigt (dreimal im Bild entfernt, hochgeklappt):



Die e_m -Welle codiert für die Distanz zum Messpunkt, also zum Flugzeug. Sie trägt 5 RKO. Links Überblick, rechts Detail. Das Anzeigeeinstrument zum Ablesen von e_m ist gleich links an der Frontplatte der Schublade: Zeiger mit Skala von 180° geht von 0 bis 14 km. Ganz rechts Gehäuse für Nockenscheiben, das schon auf Seite 4 abgebildet ist. Der Antriebsmotor ist darunter, hier unsichtbar. Unten im Bild ein Synchro zum Empfang der Radar-Distanz. Die zusätzliche Strecke bis zum Treffpunkt wird erst später addiert.



Bei drei RKO sind die darüberliegenden Trafos entfernt: Ausgänge der RKO. Schraube im Zentrum = Erdpunkt. Darüber und darunter die Ausgänge der beiden Rotoren. Es gibt unterschiedliche Kombinationen: Nur ein Ausgang, anderer unbenutzt (links) / beide Ausgänge weiss miteinander verbunden, ein einziges Koaxkabel (Mitte) / zwei getrennte Ausgänge (rechts) mit zwei Koaxialkabeln zum Verstärker. Bildlänge rechts ca. 12 cm.

Der Kanal zur Aufnahme der KoAx-Kabel ist etwas wie «Pulver-Gold-beschichtet». Im Bild rechts gehen vier Koax-Kabel weg zu den Verstärkern. Der unbenutzte Halb-Kondensator im Bild rechts zeigt ein offenes Loch – Insekten könnten hinein (nicht normal, der Anschluss bleibt drin, wenn er nicht benutzt wird. Oder schon als «unbenutzt» fabriziert). Alle Trafo-Gehäuse: innen Eisen, aussen Alu, dann Lack. Das Alu korrodiert weiss, ev. wegen Meer-Salz. Das untersuchte FltGt stammt aus Spanien und hat ca. 50 Jahre auf dem Buckel!

Die **fünf Rechen-Kondensatoren auf der Distanzwelle** tragen die Nummern 34 bis 38. Sie gehören zu unterschiedlichen Funktionsblöcken. Mit a und b werden die Halb-Kondensatoren bezeichnet. «Distanz» heisst: Der mechanische Drehwinkel, der die Distanz zum Flugzeug bedeutet, wird jetzt in ein elektrisches Signal verwandelt, das der Distanz entspricht (immer Distanz zum Flugzeug, nicht zum Treffpunkt). Distanz ist «Linearer Kondensator»: Die Kapazität ist proportional zum Drehwinkel.

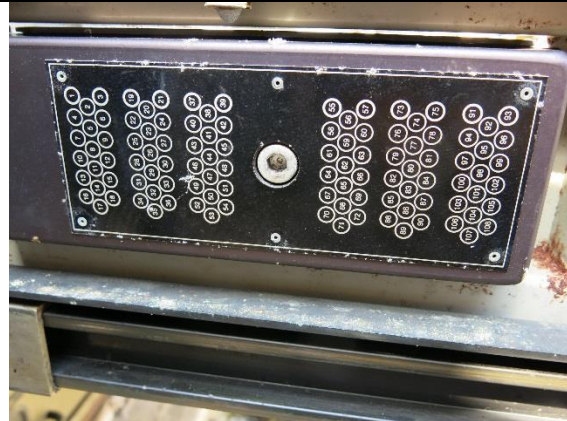
34 a	Distanz für v-Rechner	p.469	b	Distanz für v-Rechner	p.469
35 a	Distanz für Flugzeit Kanone I	p. 494	b	Distanz für Flugzeit Kanone II	
36 a	Distanz für Flugzeit Kanone III		b	nicht benutzt	
37 a und b	zusammen $1/\text{Distanz}$	p.482	für alle 3 Komponenten der Vorhaltstrecke, Winkel-Vorbereitung		
38 a	$1/\text{Distanz}$, für Rücksteurg, λ'	p.479	b	$1/\text{Distanz}$, für Rücksteurg., α'	p.479

Rücksteuerung: Umwandlung der rechtwinkligen Koordinaten zurück in die Polarkoordinaten, rückwärts zugemischt zur Richtturm-Bewegung.

34 a und b: nächste Seite zuunerst. 37 a und b: Schema p. 6, ganz rechts aussen.

Einige Werte der Rechenkondensatoren müssen in anderen Rechner-Schubladen zur Verfügung stehen. Jede Schublade ist mit einem grossen Stecker und einem Flachbandkabel mit den anderen Schubladen verbunden. Für Messungen im laufenden Betrieb kann die Schublade weit herausgezogen werden.

Abgebildet ist hier nicht der Stecker selber, sondern die Anordnung und die Nummerierung der Drähte (108 Positionen). Die Drähte werden im Rechner in dicken Kabelbäumen zusammengefasst – noch keine Rede von «electromagnetic interference».



Am meisten Rechenkondensatoren hat die **Lagewinkel-Welle** (Höhe über Horizont) in Schublade C. Ab hier gehen die Werte – also die angegebene Winkelfunktion mal ein Eingangswert – zu folgenden weiteren Blöcken:

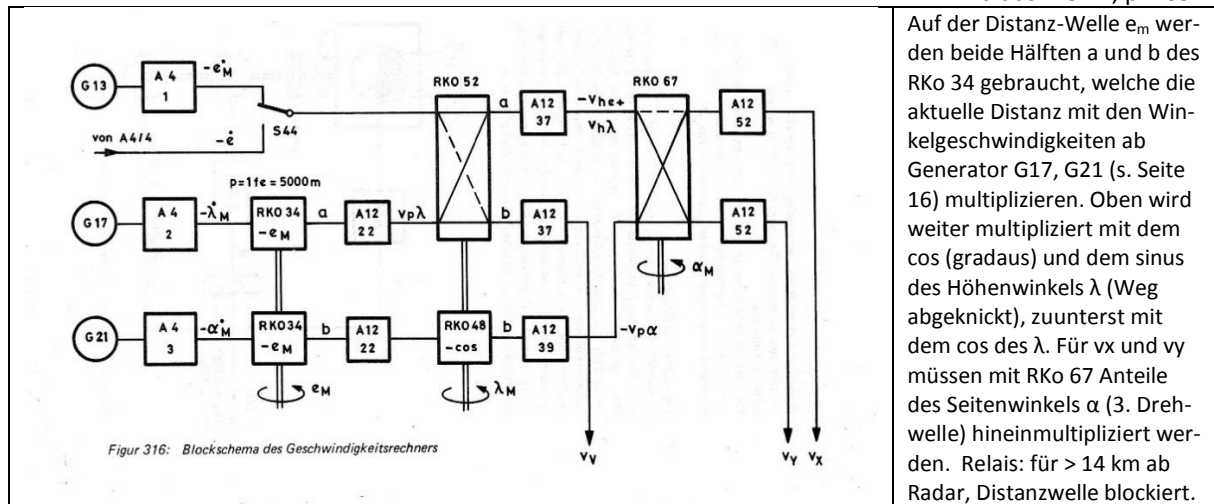
cos	für Geschwindigkeitsrechner	A	sin und cos	für Vorhalt Kanone I	A
sin und cos	für Geschwindigkeitsrechner	A	sin und cos	für Vorhalt Kanone II	B
sin und cos	für Ballistikrechner	A,B,C	sin und cos	für Vorhalt Kanone III	C

Jetzt mal genauer hingeschaut – Wie wird denn elektrisch gerechnet ?

Es folgt das Blockschaltbild des «Geschwindigkeitsrechners», zu finden leicht oberhalb der Bildmitte im Bild des Gesamtsystems (Seite 6).

Aus den Polarkoordinaten Distanz, Seitenwinkel, Höhenwinkeln (drei Drehwellen = Doppelstriche) und ihren momentanen Geschwindigkeiten (wie rasch ändert sich der Seitenwinkel pro Sekunde, Generatoren links, vgl. Seite 16) sollen die drei rechtwinkligen Geschwindigkeits-Komponenten (Ost-West, Nord-Süd, Vertikal) bestimmt werden. Rechts unten sind die drei gesuchten Grössen als elektrische Ausgänge gezeichnet. Auf den Drehwellen sitzen die Rechenkondensatoren (RKO), Quadrate mit A sind Verstärker, die können zum Verständnis mal weggelassen werden. Beispiel: RKO 34 multipliziert die Lagewinkel-Geschwindigkeit und auch die Seitenwinkel-Geschwindigkeit mit der Distanz zum Flugzeug – alle diese Grössen verändern sich laufend.

Bild aus: Ref. 1, p. 469



Auf der Distanz-Welle e_m werden beide Hälften a und b des RKO 34 gebraucht, welche die aktuelle Distanz mit den Winkelgeschwindigkeiten ab Generator G17, G21 (s. Seite 16) multiplizieren. Oben wird weiter multipliziert mit dem \cos (gradaus) und dem sinus des Höhenwinkels λ (Weg abgelenkt), zuunterst mit dem \cos des λ . Für v_x und v_y müssen mit RKO 67 Anteile des Seitenwinkels α (3. Drehwelle) hineinmultipliziert werden. Relais: für > 14 km ab Radar, Distanzwelle blockiert.

Magnetische Daten-Übertragung: Vom Folgezeiger zum Differential-Synchro

Folgezeiger - Selsyn - Synchro - Differential-Synchro – synchro transmitter (or receiver) - Servomotor – Motorgenerator – Grob / Fein-Kette

Daten-Verkehr: Die ganze Flab-Stellung ist ein ausgedehntes Gebilde, mit vielen Kabeln kreuz und quer verlegt. Schon im FltGt selber gibt es unterschiedliche Orte, Verstärker, Schubladen, die Messwerte anzeigen, weiterverarbeiten oder weitergeben müssen. Eines der optischen Suchgeräte (mit wunderschönen Stativ-Feldstechern!) findet vielleicht das Flugzeug zuerst – auf seinen Knopfdruck muss das ganze FltGt genau auf dessen Winkel einschwenken – in wenig mehr als einer Sekunde. Die laufend errechneten Winkel zum Schiessen müssen in der Seite und in der Höhe andauernd an die Kanonen übermittelt werden – für jedes Geschütz gelten dabei andere Werte.

Wie macht man das ? Wie bewegt man einen leichten Blech-Zeiger über drei Meter hinweg – oder wie steuert man eine Kanone von mehreren Tonnen aus 250 Metern Entfernung ?

Es folgt ein kleiner Überblick über historische Lösungen – nicht nur im Hinblick auf das FltGt63/69, welches viele Daten-Motoren und Synchros surren lässt! Wie weit die neueren Lösungen in ihrer Namensgebung standardisiert sind, ist nicht ganz klar – es tönt immer wieder leicht anders.

Lautes Zurufen

Bis ca. 1942 haben die Flab-Soldaten am Telemeter die gemessene Distanz zum Flugzeug laut zum Kommandogerät hinübergerufen, über wenige Meter. Wenig elegant, mit Zeitverzögerungen, ungenau. Erst mit der Entwicklung des «Höhen-Linearisierungs-Getriebes» durch Contraves direkt am Telemeter wurde eine Kabellösung mit Folgezeiger möglich.

Folgezeiger – allein

>> Im FltGt nur einmal gebraucht

Beispiel: Im historischen Flugzeug ist der magnetische Kompass weit weg von störendem Eisen, von Motoren oder von hohen elektrischen Strömen an einer ruhigen Stelle plaziert. Die Richtung der Kompassnadel wird mit Wechselstrom ins Cockpit übertragen: die Sekundär-Nadel stellt sich von selbst und dauernd in dieselbe Richtung wie die Primär-Nadel – sie bleiben von selbst parallel. Das eignet sich bloss zur Anzeige und zum Ablesen eines Wertes: die Sekundärnadel hat **keine Kraft**, um etwas zu betätigen oder anzutreiben!



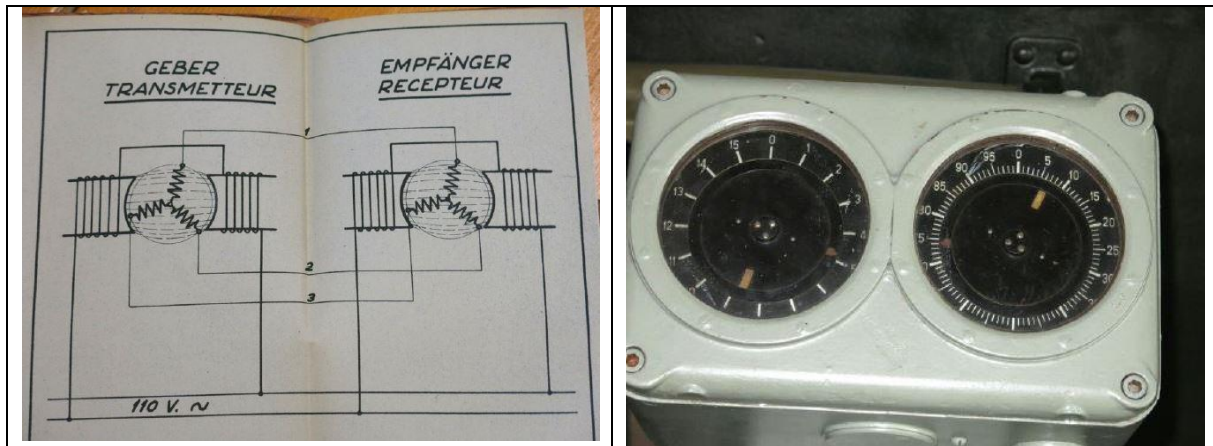
FltGt63/69: Der Radarmann sieht Seite und Höhe des Radarschirmes an reinen Folgezeigern – ohne Motor-Einstellung, wie sonst beim FltGt üblich. Anzeige der aktuellen Winkel links und rechts oben am gelben Leuchtschirm. Mit Handrädern kann er die Winkel (je nach Betriebszustand) verstellen.

Folgendes **Bild links:** Prinzip des Folgezeigers. Aussen Magnetfeld Wechselstrom, innen drei räumlich versetzte Phasen, welche die Information vom Sender zum Empfänger tragen.

Bild: Kommandogerät Gamma-Juhasz, Budapest, Schweiz ab 1938. Museum Dübendorf.

Bild rechts: Empfänger an der 7.5 cm Flab-Kan 38, Höhenwinkel von 0 bis 1600 ‰, Grobskala links, Feinskala rechts. Aussen Skala mit Zahlwert des Winkels, schmaler Ring (kaum sichtbar): gegenwärtige Einstellung der Kanone; Zentralscheibe: Soll-Wert vom Sender her.

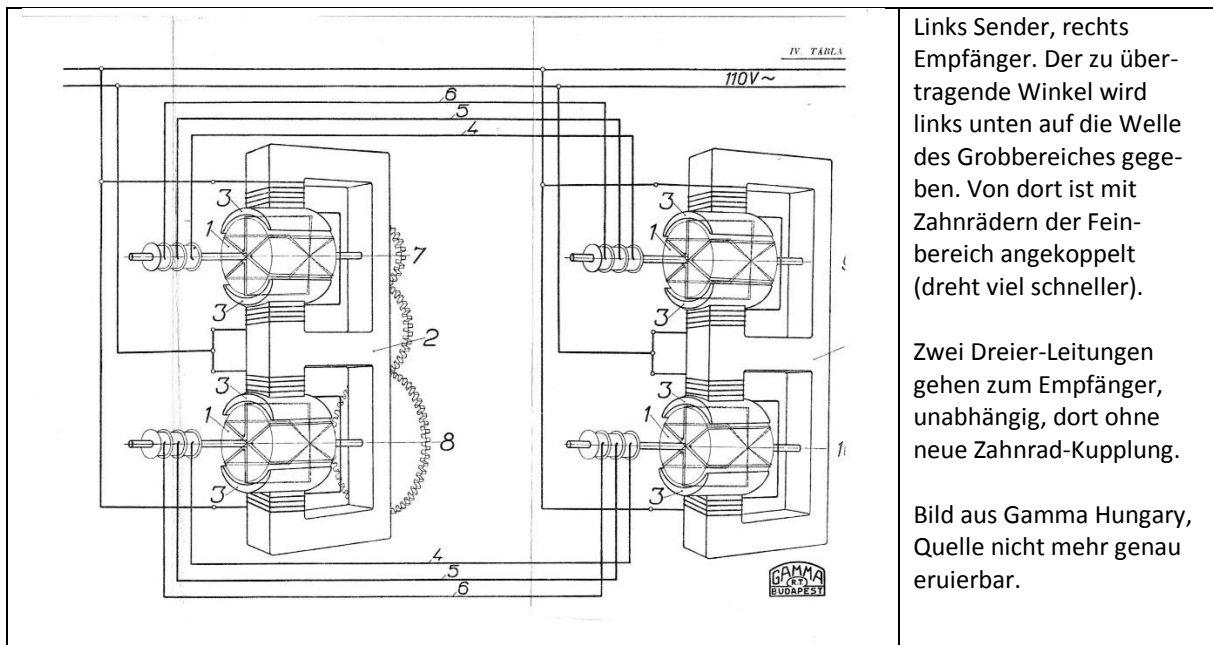
Folgezeiger-Paar ca. 20 cm breit. Museum Dübendorf.



Folgezeiger – mit Menschenkraft verstärkt

Benötigt man mehr Kraft, kann ein Mensch von Hand den empfangenen Wert mit einem Drehrad neu eindrehen. Er muss stets Zeiger auf Zeiger halten. Im zweiten Weltkrieg bei unzähligen Typen von Kommandogeräten aller Länder weit verbreitet. Vermutet wird auch eine dämpfende Wirkung: Der Mensch kann zitterige Nadeln beim Eindrehen glätten und besänftigen und somit verbesserte Werte eingeben. Der Mann am Folgezeiger kann aber nichts mehr anderes tun und wird zu 100% gebraucht für die Nachführung seines Folgezeigers!

Folgezeiger mit Grob- und Fein-Bereich



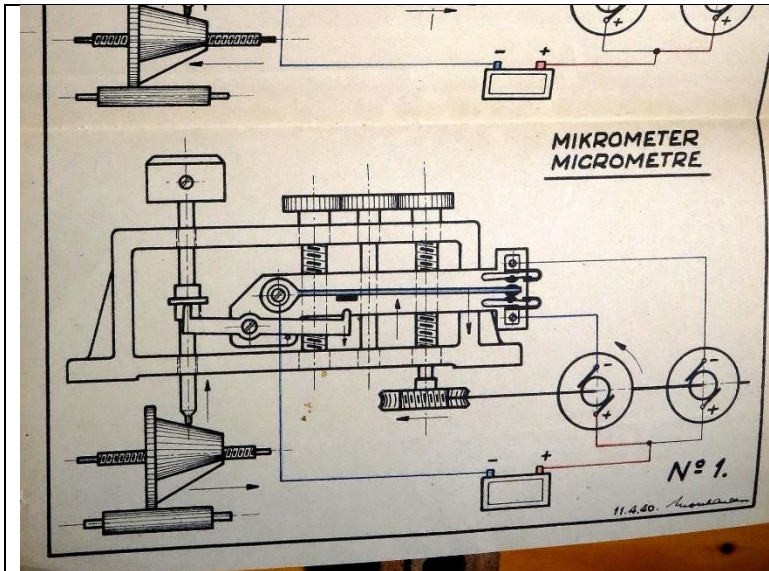
Links Sender, rechts Empfänger. Der zu übertragende Winkel wird links unten auf die Welle des Grobbereiches gegeben. Von dort ist mit Zahnrädern der Feinbereich angekoppelt (dreht viel schneller).

Zwei Dreier-Leitungen gehen zum Empfänger, unabhängig, dort ohne neue Zahnrad-Kupplung.

Bild aus Gamma Hungary, Quelle nicht mehr genau erudierbar.

Variablen automatisch kopieren

Bei rein mechanischen Geräten konnten nicht viele Getriebestufen hintereinander mit einer einzigen Kraftquelle betrieben werden, denn zu viel Kraftbedarf kann Schlupf und Fehler erzeugen. Es war in den Geräten des zweiten Weltkrieges üblich, bereits bekannte Variablen «umzukopieren» und mit neuer Kraft laufen zu lassen. Oft kamen Mikro-Schalter zum Einsatz, welche Motoren aufwärts oder abwärts laufen liessen haben, um insgesamt der zu kopierenden Variablen getreu nachzufahren.



Links unten ein Formkörper, der sich dreht und verschiebt. Sein Ausgangswert (Abstand der Oberfläche von der Drehachse) soll kopiert werden zur Weiterverarbeitung.

Durch Hebelwerk wird die Position des Ablesestiftes auf den Mittenkontakt des Mikroschalters geführt – welcher den entsprechenden Motor AUF oder AB einschaltet. Die Motoren treiben die Drehwelle an (nicht gezeichnet), welche ab Zahnrad den aktuellen Wert abnimmt und kraftverstärkt weiterführt.

Formkörper wäre echt viel grösser

Servomotor

Kennt man den Wert einer Variable bereits, kann man einen geschlossenen Kreislauf machen: Ein Motor dreht an einer (neuen) Variablen herum, der Fehler von Motor-Ausgang (Ist-Wert) und bekanntem Eingang (Sollwert) wird verstärkt und dem Motor wieder zugeführt – so dass der Fehler möglichst immer bei null bleibt.

Synchro – Sender und Synchro – Empfänger

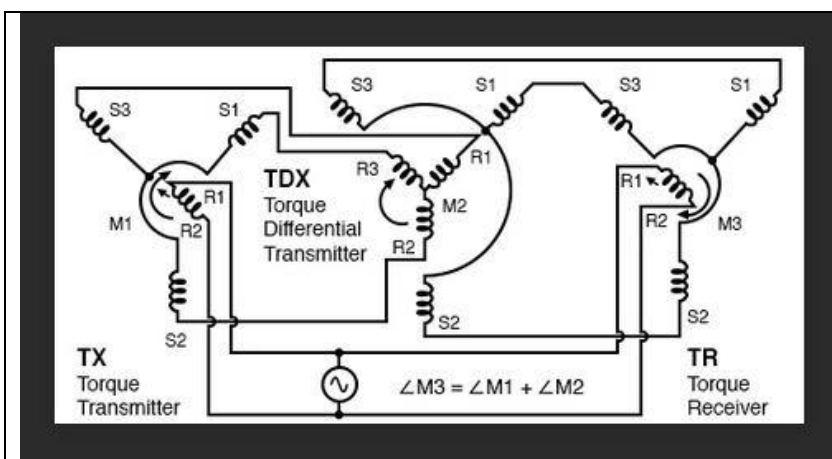
>> Im FltGt 63/69 stark gebraucht

Eigentlich genau gleich wie der alte Folgezeiger, aber das Gehäuse und die Motorisierung sieht moderner aus, und es dreht kein Mensch mehr am Rad. Im FltGt hat der Rotor nur eine Wicklung, der Stator drei Wicklungen im Dreieck – also gerade umgekehrt als beim alten Gamma-Gerät.

Zur besseren Genauigkeit wird der Empfänger nicht frei laufen gelassen, d.h. nicht bewegt durch die magnetischen Kräfte zwischen den Wicklungen. Vielmehr wird die Empfangs-Welle per Motor verdreht. Die drei Drähte am Stator sind verbunden mit dem Sender-Synchro, wie normal, aber die einzige Wicklung des Rotors prüft nur den gegenwärtigen Stellungs-Fehler – der wird verstärkt und dem Motor zugewiesen, der die Welle so dreht, dass der Fehler immer ca. null bleibt.

Differential-Synchro

>> Im FltGt 63/69 stark gebraucht



Er ist dreiphasig im Stator und auch dreiphasig im Rotor – und leitet zusammen mit dem normalen Synchro links die Summe oder Differenz zweier mechanischer Winkel zum Synchro rechts. Beispiel: Seitenwinkel zum Flugzeug (links, gemessen) plus Winkel-Vorhalt (Mitte, gerechnet) gibt den totalen Seitenwinkel zur Kanone (rechts, elektrisch durch 3+2 Drähte übertragen).

Synchro mit Grob- und Feinbereich

>> Im FltGt 63/69 stark gebraucht

Jetzt wird es schwierig! Beim alten Folgezeiger mit Handbedienung gibt es mit grob / fein überhaupt keine Probleme. Der Mensch schaut zuerst, dass er grob einigermaßen im richtigen Winkel ist, und folgt dann nur noch dem Fein-Zeiger.

Dies rein maschinell ausgewertet, ohne Mensch, wird aufwändig. In Ref. 2 braucht es 7 + 5 Seiten, um diese Grob/Fein-Verknüpfung zu erklären. Weil der Fein-Synchro viel schneller dreht, ist die elektrische Fehler-Auswertung nicht mehr ganz einfach.



Normale Darstellung im FltGt von Mess- oder Rechenwerten, damit sich Menschen orientieren können: Obere Anzeige ist der Grob-Bereich, unten Feinbereich, wo man viel genauer ablesen kann – im Beispiel ist der Fein-Zeiger Faktor 24 empfindlicher für die Flugzeit (links), Faktor 32 für die Winkel (Mitte und rechts). Der untere Zeiger wirbelt also 6 bzw. 8 mal ganz herum, wenn der obere Zeiger erst einen Viertel einer ganzen Umdrehung gemacht hat.

Schublade C und D für Geschütz 2 und 3. In der Schweiz sind normalerweise nur zwei Geschütze an ein FltGt angeschlossen worden.

Bild: FltGt im Museum Dübendorf

Es wird etwa so gelöst: Beim Empfänger-Synchro sind Grob- und Feinbereich ebenfalls mittels Zahn-rädern zusammen gekuppelt. Elektrisch werden die Grob- und Fein-Empfangsspannungen (sie sollten beide null werden) miteinander addiert, zuvor aber in einen wundersamen Verstärker UG-1009 gegeben, der merkt, ob Grob ziemlich richtig ist oder sehr falsch. Im ersten Fall beschränkt er sich auf die Feinspannung und beachtet Grob kaum, im zweiten Fall wird die Feinspannung weniger berücksichtigt, nur die Grobspannung zählt. Dies alles ohne Röhre, nur mit einem Transformator, zwei Dioden und einigen Kondensatoren und Widerständen. Der Ausgang kommt in einen Servokreis, d.h. die verstärkte Fehlerspannung (grob und fein zusammen) treibt einen Motor an, der durch Bewegen der Grob-Welle die Fehler gegenüber dem Sender-Synchro wieder auf null stellt. Netto hat man dank des Fein-Bereiches eine stark erhöhte Präzision in der Übertragung (für die weitere Rechnung), und wieder zwei separat ablesbare Zeiger (für die Menschen).

In den Schubladen B, C, D hat es je einen Verstärker UG-1009 zur Grob-/Fein-Auswertung der Variablen, die vom Radargerät und vom Richtturm geliefert werden, also für die Distanz zum Flugzeug (Schublade B), seinen Lagewinkel (C), seinen Seitenwinkel (D). Auf der Grob-Drehwelle dieser empfangenen Grob-/ Fein-Paare sitzen die Rechenkondensatoren für die mathematischen Operationen. Die in jeder Schublade B, C, D gerechnete Flugzeit bleibt in der Schublade (kein Synchro nötig) und wird zur Vorhalt-Strecke verwendet. Die daraus errechneten Vorhaltewinkel (Seite und Höhe) jeder Schublade werden mit den Winkeln zum Flugzeug addiert und mit dem Differential-Synchro zur Kanone geschickt. Dazu müssen die Lage- und Seitenwinkel zum Flugzeug in jeder Schublade elektrisch verfügbar sein, obgleich sie dort nicht angezeigt werden: Ein Winkel-Synchro (vom Richtturm) bedient also mit 3 Grob- und 3 Feindrähten einen Empfänger mit Zeiger (in C oder D) und gleichzeitig die drei Differential-Synchros in jeder Geschütz-Schublade, wo per Welle der individuelle Winkel-Vorhalt addiert wird.

Da für jede Kanone je eine eigene Geschoss-Flugzeit berechnet wird, und auf «Feuer» alle gleichzeitig schießen, gibt es unterschiedliche Treffpunkte für jede Kanone.

«Motor-Generator» mit variabler Tourenzahl

>> Im FltGt 63/69 stark gebraucht

Alle Drehwellen werden durch gesteuerte Motoren angetrieben. Ändert sich die Variable langsam, dreht sich der Motor ebenfalls langsam (aber immer deutlich schneller als die Welle mit dem Ablesezeiger).

Zusätzlich ist mit dem Motor fest (1 : 1 in der Umdrehungszahl) ein Generator verbunden, der eine Spannung von stets 400 Hz erzeugt, proportional zur Drehgeschwindigkeit des Motors und damit – bei guter Regelung – proportional zur Änderungsgeschwindigkeit der Variablen. Bedient der Motor also einen Zeiger für einen Winkel-Wert, gibt der Generator automatisch dessen Winkelgeschwindigkeit. Geht es um eine Geschwindigkeitswelle, wird sofort die Beschleunigung erzeugt, etc. Diese zeitlichen Ableitungen werden im Rechenprozess oft weiter verwendet (ev. nach einer Glättung), und stets gebraucht für den Servo-Regelkreis: Der Positionsfehler wird verstärkt – der Motor regelt den Fehler wieder zurück. Hier geht stets die Geschwindigkeit ein, ähnlich wie beim PD-Regler (vgl. p.17).



3 (von 9) Motor-Generatoren in Schublade A, von unten her gesehen. Sie bedienen drei Drehwellen, auf denen die Rechenkondensatoren sitzen, nämlich: Horizontalgeschwindigkeit in x, in y, Vertikalgeschwindigkeit. Fast mittig sind die Motoranschlüsse (Regelkreise, Elektr.röhren steuern den Motor), nahe darunter die Ausgänge des Generators – sie führen Spannungen proportional zu den Beschleunigungen. Zuunterst die Temperaturkompensation. Dicke Koaxialkabel sind Ausgänge der Rechenkondensatoren. Länge Motor: 12 cm

Servo-Regelkreis: Der Motor gleicht Einstell-Fehler stets auf null aus. Um die Rolle der Geschwindigkeit in diesem Vorgang zu verstehen, betrachten wir die uralten Kommandogeräte in der Flab: Ein Mann hat das Flugzeug im Fadenkreuz und stellt den Seitenwinkel mit dem Handrad ein, der zweite Mann desgleichen mit dem Höhenwinkel. Von 1938 bis 1943 (CH) mussten sie mit dem Handrad schön nachfahren und immer exakt drauf bleiben: der Fernrohrwinkel folgte genau ihrem Handrad.

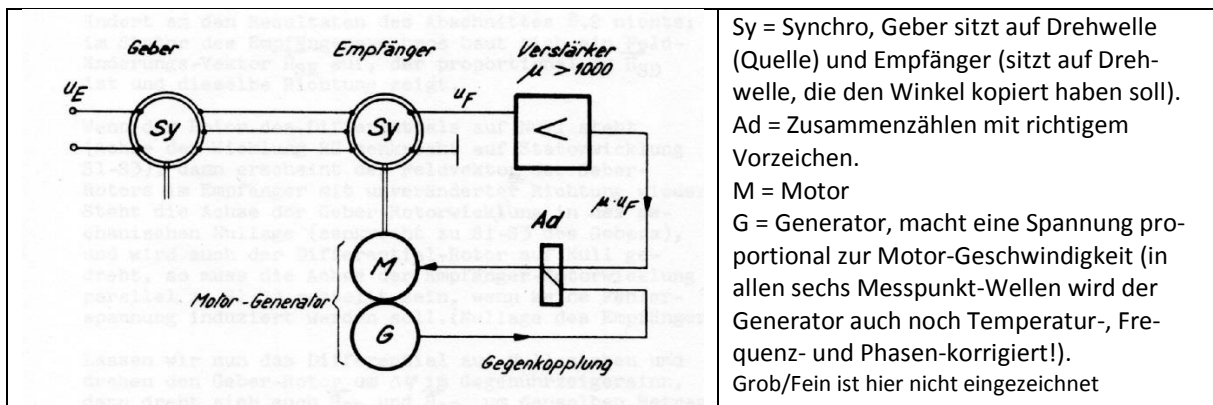
Ab 1943 baute Hasler AG eine sog. **Weg-Geschwindigkeits-Steuerung** in das Handrad ein: die gegenwärtige Drehgeschwindigkeit des Fernrohres bleibt **automatisch beibehalten**, d.h. das Fernrohr dreht von selbst mit der bisher richtigen Geschwindigkeit weiter. Der Soldat muss nur noch kleine Korrekturen machen, wenn das Flugzeug langsam aus dem Fadenkreuz wegläuft. So wird die Verfolgung viel feiner und regelmässiger! Das wird beim rein maschinellen Kopieren ähnlich gehen – so kann man sich vorstellen, wieso es überall Generatoren am Motor hat, auch wenn deren Ausgang (Änderungs-Geschwindigkeit) nicht immer als eigenständige Rechengrösse verwendet wird.

Bei der Nachlauf-Regelung kommt es nicht nur darauf an, dass die Ziel-Welle immer möglichst denselben Wert hat wie die Ursprungs-Welle (oder wie der errechnete Soll-Wert), sondern auch, wie schnell und wie exakt die Verfolgung ist bei Sprüngen (Aufschalten des Flugzeuges, Richter oder Radar übernimmt) oder überhaupt bei dauernd bewegten Werten (Normalzustand beim Verfolgen des Flugzeuges). Technische Einzelheiten zum Generator (es wird anspruchsvoll): Siehe Patent CH358959 (1958 / 1961 / 1962).

Es folgen **drei Beispiele für die Steuerung der Drehwellen** – weil das exakte Positionieren der Drehwellen ein zentraler Angelpunkt dieser Rechentechnik ist. Der Motor nähert sich nicht nur auf Grund des momentanen Fehlers seinem Sollwert, sondern auch auf Grund seiner eigenen Drehgeschwindigkeit. Dies gezeigt bei drei unterschiedlichen Aufgaben:

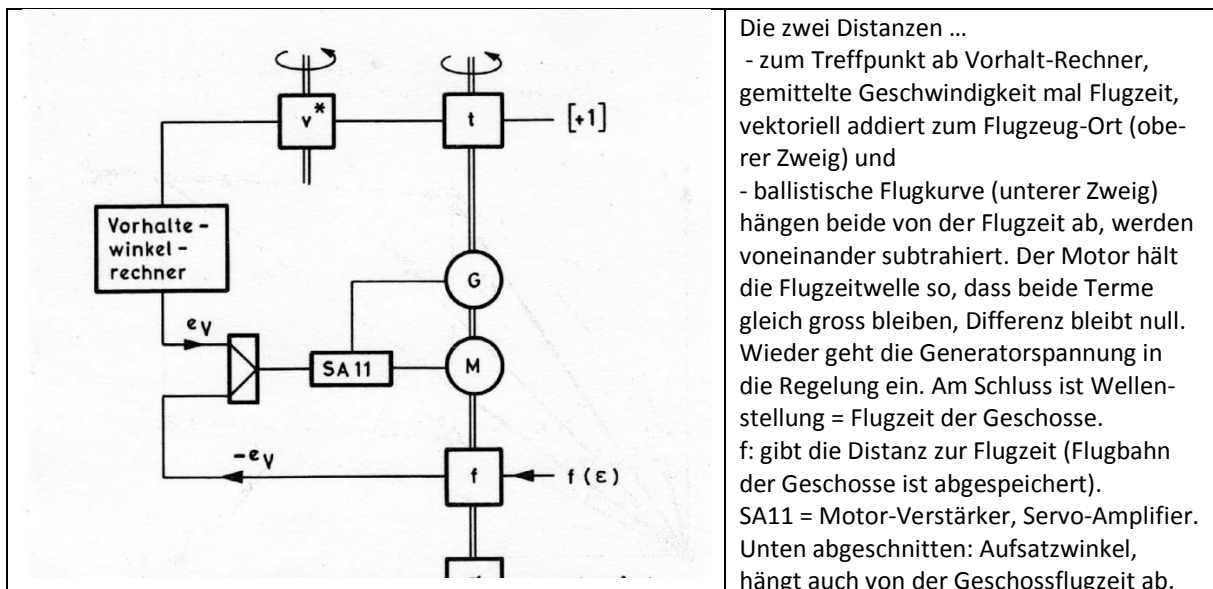
- a) Empfang ab Synchro-Strecke
- b) Lösen einer Gleichung, Distanz = Distanz, zur Ermittlung der Flugzeit (vgl. p. 5)
- c) Glättung der Geschwindigkeiten

a) **Eine Welle soll anderswo kopiert werden** – der Rechner übernimmt z.B. einen Winkel des Richtturmes. Der Synchro-Geber (links) gibt elektrisch den aktuellen Wert des Winkels bei der Quelle, meist grob/fein mit 6 Drähten. Der Synchro-Empfänger (rechts) ist nicht so geschaltet, dass er die Welle selber einstellt, sondern er gibt den Fehler zwischen den beiden Wellenstellungen dem Verstärker weiter. Dieser steuert den Motor auf die korrekte Stellung. Zusätzlich beeinflusst die Motor-geschwindigkeit via Generator wiederum den Motor – dieser Zweig würde weiterdrehen lassen, falls die Variable konstant zunimmt, und es praktisch nie einen Fehler gibt; so darf der Motor ja auch nicht stehen bleiben! Die Gewichtung der beiden Eingänge zum Motor muss gut eingestellt sein.



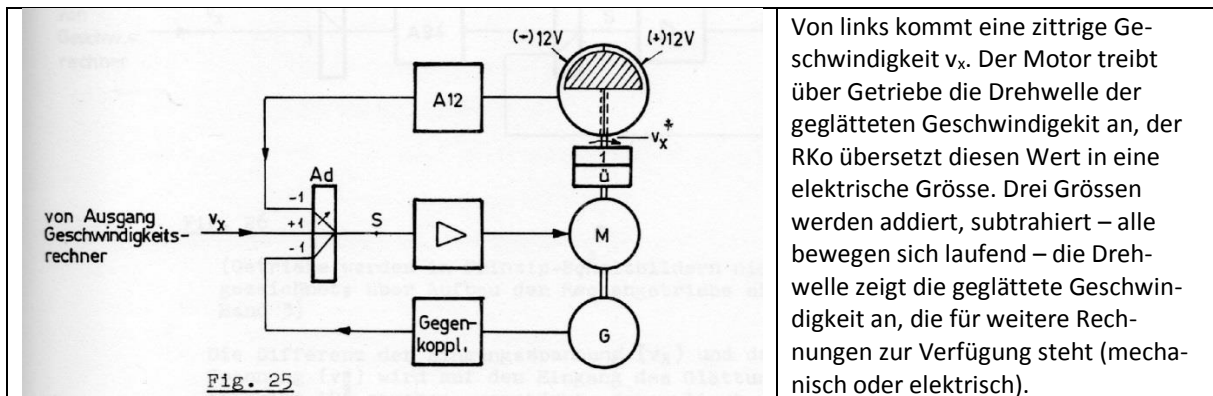
Ref. 2, Bd. 3, p.85p.

b) **Ermittlung der Geschoss-Flugdauer**, siehe oben Seite 5: Lösung der Gleichung $e_{\text{Vorhalt}} = e_{\text{Ballistik}}$



Ref. 1, p. 456

c) Glättung der Geschwindigkeiten, um Zitterigkeiten auszuglätten



Von links kommt eine zitterige Geschwindigkeit v_x . Der Motor treibt über Getriebe die Drehwelle der geglätteten Geschwindigkeit an, der Rko übersetzt diesen Wert in eine elektrische Grösse. Drei Grössen werden addiert, subtrahiert – alle bewegen sich laufend – die Drehwelle zeigt die geglättete Geschwindigkeit an, die für weitere Rechnungen zur Verfügung steht (mechanisch oder elektrisch).

Glättung zweiter Ordnung ist viel komplizierter! Das ist nur die grösste Struktur.

Ref. 2, Bd. 6, p.51

Schnelle, geregelte Einstellung der schweren Kanonen

>> Im FltGt 63/69 gebraucht

Man müsste ein Diplom der Elektrotechnik haben, um das alles richtig zu verstehen und einzuordnen. Synchro mit Grob- und Feinbereich, geschlossene Servo-Kreisläufe, Dämpfung, PD-Regler, Metadyne im Aggregat für die wirklich grossen Ströme..., mit einem Trick die Nachlauf-Fehler kompensieren etc. «Es wird die Leitgrösse (Seiten-/Höhenwinkel) und nicht, wie beim artreinen D-Regler, die Regelabweichung differenziert». Ref. 1, Seiten 520-528.

Zeit für 90° seitliche Bewegung der schweren Geschützrohre: 0.8 sek. Für 90° in der Höhe: 1.5 sek.

Metadyne Seite: Max 350 V DC, max. 135 A (in der Höhe etwas weniger, geringere bewegte Masse).

In Erinnerung bleibt noch die **grosse Unfallgefahr** – weil viele teilausgebildete oder nicht sehr konzentrierte Leute an verschiedenen Orten und zum Teil ohne Sicht zueinander die Kanone in rasante Bewegung versetzen können.

Allerlei weitere Themen:

Beschleunigungen

Wie fliegt das Flugzeug ab gegenwärtig ausgemessenem Ort voraussichtlich weiter? Der Gerätechef kann die folgenden Rechen-Prognosen anwählen, wenn er bei der Beobachtung der vielen Zeiger (besonders Kurs, Flughöhe) eine Notwendigkeit erkennt (oder auf Anraten des Richters, der immerhin das Flugzeug sieht, d.h. die Kurve an der Flügelstellung erkennt):

- Nichts wählen

Momentan vorhandene Beschleunigung des Flugzeuges wird nicht berücksichtigt zur Bestimmung des Vorhaltes. Annahme zur Extrapolation: Das Flugzeug fliegt geradeaus weiter wie bisher.

- Stechflug

Berücksichtigt wird die momentane Beschleunigung längs der Flugrichtung.

- Kurvenflug

Berücksichtigt wird die gegenwärtige Geschwindigkeit und Beschleunigung in allen drei Dimensionen. Prognose ist ein Stücklein Parabelflug – die jetzt gemessene Beschleunigung wird in der Prognose als konstant angenommen.

- Konstante Höhe

Die Vorhaltstrecke wird allein bestimmt durch die horizontale Geschwindigkeit, ohne Beschleunigung, ohne Vertikalgeschwindigkeit. Irgendwo steht, das sei gedacht für den Schiessplatz, wo das Schleppflugzeug den Sack stets auf derselben Bahn nach sich zieht (Ausmittlung des Flatterns).

- Neuaufbau der Geschwindigkeiten

Z.B. nach Kurvenflug: Die Geschwindigkeiten stellen sich mit kleinster Zeitkonstante auf die neuen Werte ein. Die Vergangenheit hat möglichst wenig Gewicht.

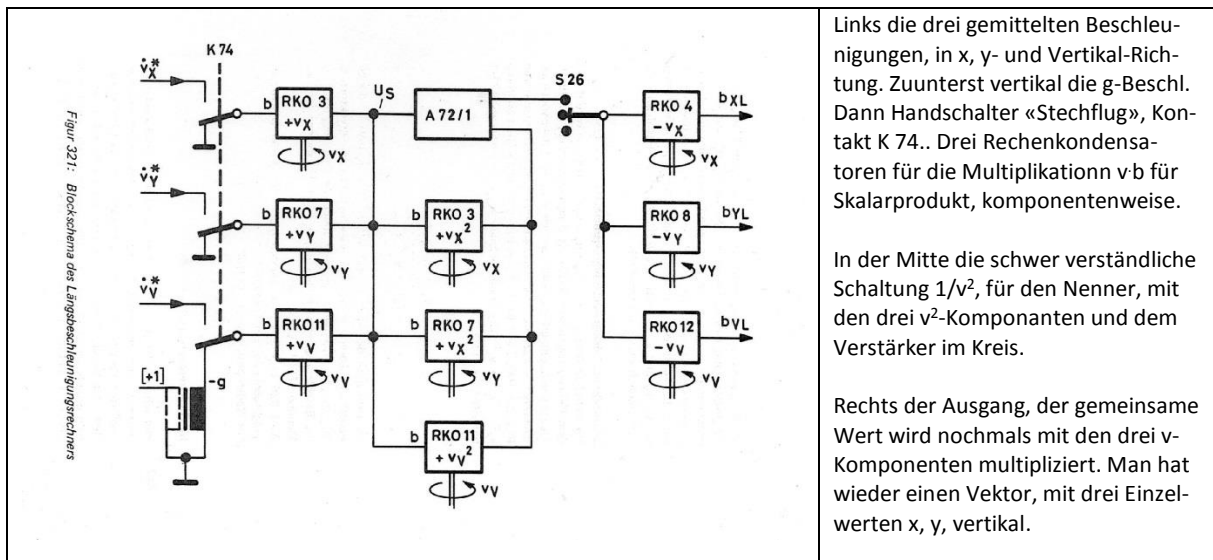
Mit vielen Relais werden die nötigen Rechterme bei Betätigung der Extrapolationsschalter dazu- oder weggeschaltet. Die zahlreichen Relais für spezielle Betriebszustände machen die Pläne – wie immer – schwer lesbar.

<p>Die Beschleunigungen in x, y, z-Richtung werden wie alle anderen Variablen dargestellt (Drehwelle, Zeiger grob / fein, Motorantrieb mit Generator) – nur können das die Bediener gar nie sehen.</p> <p>Man ziehe die oberste Schublade A sehr weit hinaus, steige auf eine Leiter und schaue von oben auf die Schublade A hinunter – da sind die Anzeigen der drei Beschleunigungen, ganz zuhinterst!</p> <p>Rechts der Anzeigen: Tragegriff, um die Schublade aus den Schienen zu heben, noch weiter rechts die obersten Teile der Radar-Schubladen.</p>	
---	---

Zur Beschleunigung: Hier nochmals ein Beispiel zur Rechen-Technik (nicht das einfachste!): Beim Stechflug wird nur die **Beschleunigung in Längsrichtung** berücksichtigt. Die Beschleunigung b ist zu projizieren auf die Geschwindigkeit v : Man nehme das Skalarprodukt aus v und b , mal den v -Vektor (In den drei Komponenten), dann noch durch v^2 dividieren, weil die Geschwindigkeit nicht eingehen darf: im Skalarprodukt und beim v -Vektor hat man sie zweimal drin, das muss wieder weg. Das macht zusammen:

Aus Ref.1, p.475, Schalt-Bild p.477

$b_{lx} = \frac{v_x \dot{v}_x + v_y \dot{v}_y + v_v \dot{v}_v}{v_x^2 + v_y^2 + v_v^2} \cdot v_x$ $b_{ly} = \frac{v_x \dot{v}_x + v_y \dot{v}_y + v_v \dot{v}_v}{v_x^2 + v_y^2 + v_v^2} \cdot v_y$ $b_{lv} = \frac{v_x \dot{v}_x + v_y \dot{v}_y + v_v \dot{v}_v}{v_x^2 + v_y^2 + v_v^2} \cdot v_v$	<p>Algebraisch berechnete drei Komponenten der «Beschleunigung längs»: Über dem Bruchstrich immer das Skalarprodukt Beschleunigung mal Geschwindigkeit. Wieso die Beschleunigungen ab Tachospansungen mit «v Punkt» bezeichnet werden, links aber mit b, ist nicht bekannt, es ist ca. dasselbe ($b_l = b$ längs). Im Nenner steht das Geschwindigkeits-Quadrat, rechts die drei Komponenten der gegenwärtigen Geschwindigkeit in x-, y-, vertikal-Richtung. Das ist also mit Rechenkondensatoren darzustellen!</p>
--	--



Nicht ganz verstanden ist neben der Reziprok-Schaltung (Bd. 3, p.66-75) auch die seltsame Addition dreier unterschiedlicher Werte: vor und hinter den v^2 -Kondensatoren. Drei unterschiedliche Wechselspannungen in einem Punkt zusammennehmen...??? In Spannungen gedacht, gibt das keine Addition; vielleicht muss man in Strömen denken? (Sammelpunkt U_s geht direkt auf das 1. Gitter). Auch die Rolle der anfänglich wirkenden g-Beschleunigung (links unten) scheint seltsam (Ref. 2, Bd.6, p.83, 84). Es heisst, «man spare Zeit» bei der Umschaltung. – Unterhalb A72: Drei RKO für Quadrat im Gegenkopplungskreis, sie haben Eingang rechts, Ausgang links.

Dies als Beispiel – in der Betriebsart «Kurvenflug» wird die Beschleunigung mit vollem Betrag und echter Richtung zur Vorhalts-Berechnung gebraucht (nicht nur mit der Längs-Beschleunigung).

Röhren und Verstärker

Der Berichtersteller ist viel zu wenig erfahren auf dem Gebiet der Verstärker – und wundert sich, mit welchen Tricks da gearbeitet wird, wie sorgfältig ein Profi das Design der verschiedenen Verstärker entwirft.

Hier summarisch einige der angetroffenen Tricks: Gegenkopplung (zurück an den Eingang) grösser oder kleiner, Zeitkonstante und Dämpfung je nach Betriebszustand kleiner oder grösser oder umschaltbar, Phasenumkehr, Glättungsverstärker mit Modulator und Demodulator, Herausfilterung des 400 Hz-Anteils, Schaltung zur Reduktion des Nachlauffehlers mit Demodulator, Tiefpass, Modulator.

Im Verstärker UG-1013 fanden sich – verloren im ganzen Wald von Elektronenröhren – vier kleine **Transistoren**: zweimal BCY 95 b PNP, zweimal BCY 95 d auch PNP (?). Die Schaltung soll den Nachlauf verbessern beim Höhenwinkel-Vorhalt, und unterscheidet zwischen ruhigem Lauf (ganz kleine Gegenkopplungsspannung, kleine Zeitkonstante) und auftretenden Schwingungen (Gegenkopplung wirkt stärker, grosse Zeitkonstante, stärkere Dämpfung). Der Verstärker ist ev. eine Korrektur und Abhilfe gegen früher beobachtete Schwingungen. – Vereinzelt sind gemäss Ref. 2 auch in anderen Schubladen / anderen Verstärkern weitere Transistoren zu finden. – Im Radarteil beim später montierten MTI (Standzeichen-Unterdrückung) hat es gemäss Abbildungen viel mehr Halbleiter.

Im Bereich des eigentlichen Rechners sind gemäss Ref. 2 zehn unterschiedliche Typen von Verstärkern verbaut – allein in der Schublade B (ca. ein Viertel des Rechners) hat es 32 Verstärker.

Im Bereich der Rechenkondensatoren bildet die **Reziprok-Schaltung** (z.B. 1/Distanz) eine Ausnahme. Normalerweise gilt: variables Signal geht zum RKO, dessen Ausgang führt in den Verstärker, ab dort geht es zur weiteren Verarbeitung. Bei der Reziprok-Schaltung wirkt der RKO als Gegenkopplung, d.h. er führt vom Ausgang des Verstärkers zurück zum Eingang und verändert durch seine Kapazität die wirkende Verstärkung.

Verschwundene Transistoren: In Schublade B gibt es einen Verstärker UG-1011 (Umschaltung langsam / schnell beim Distanz-Nachlauf). Er ist anders gebaut als in Ref.2, Bd.4, p. 96 angegeben – die Vorstufe mit den beiden Transistoren fehlt ganz. Das Relais ist vorhanden, der Trafo mit richtigem Typ auch, die Röhre (Doppel-Triode) ist am Blech-Gehäuse richtig angeschrieben – aber von Transistoren keine Spur! Es wird frühere und spätere Versionen gegeben haben... In der Printplatte sind zwei Löcher zu sehen, in denen die runden Transistor-Gehäuse gerade Platz hätten.



Ref. 2, Bd.4, Fig. 83.86: Sogar eigenes Symbol für «Rosenthal» Keramik Kondensator

Diverses

Die **mechanischen Drehwellen** stellen kein Relikt dar aus früheren Zeiten, wo fast alles mechanisch gerechnet wurde. Vielmehr soll die Multiplikation zweier variabler Größen durch Drehwellen (Potentiometer, Rechen-Kondensatoren) präziser möglich sein als bei einer rein elektronischen Analog-Multiplikation.

400 Hz: Der ganze Rechner läuft mit Strom von 400 Hz (wie bei den Flugzeugen). Die höhere Frequenz soll zur Gewichtersparnis führen bei den ca. 200 Transformatoren und 25 Motoren, weil dort weniger Eisen benötigt wird. Das soll zusammen mehr ausmachen als das Gewicht des schweren Umformers von 50 Hz zu 400 Hz, der einen Motor und einen Generator enthält.

400 Hz: Bei jedem Bauelement, jeder Addition, jeder Verstärkung ist immer auf die entstehende Phasenverschiebung zu achten, welche verhindert oder kompensiert werden muss – ansonsten stimmen die mathematischen Operationen nicht mehr.

Es gibt zwei echte Flab-Probleme:

Problem Nr. 1: Richtig treffen.

Problem Nr. 2: Stundenlanges Warten – nichts passiert. Langeweile, Ablenkung, Träumen. Dann plötzlich in einer einzigen Sekunde sollte alles funktionieren, niemand schläft, Lektüre weg – und das Flugzeug ist vorbei.

Dazu gibt es eine Stelle aus der Militärzeitschrift ASMZ Nr. 8, 1968, p. 449 (Einzelfund, Wertung und Relevanz ev. nicht gesichert): Im Sechstagekrieg 1967 sollen auf beiden Seiten Flugzeuge fast nur auf optischer Basis direkt von der Kanone aus beschossen worden sein. Nur in wenigen Ausnahmefällen wurden hochfliegende Aufklärer mit Feuerleitgeräten bekämpft. Bei tief und tiefst fliegenden Flugzeugen: «In keinem Fall war es möglich, die aufgefassten Ziele an den Schiessradar der Feuerleitgeräte zu übertragen oder Ziele mit dem Schiessradar zu erfassen und zu führen... Die Abschüsse im optischen Richtverfahren wurden fast ausschliesslich bei Entfernungen zwischen 800 und 600 m erzielt.» Oder kürzer: es geht einfach zu schnell, die Anlagen oder die Menschen sind zu langsam.

Einzelheiten der Betriebs-Zustände

In Ref. 2, Bd.6, p. 18-31 und bis 39 werden die Nachführ-Systeme ausführlich besprochen, mit Fehlern, Dämpfungen, ev. variablen Zeitkonstanten etc. Hier wird ein Betriebszustand erwähnt, an den sich der Verfasser dieses Berichtes von seiner Militärzeit her nicht mehr erinnern kann.

Bei uns geübt und selten auch gebraucht, war das **«Durchverfolgen»**: Wenn das Flugzeug hinter einem Berggipfel kurz verschwindet und bald wieder auftaucht, kann man den Knopf «Durchverfolgen drücken, worauf der Rechner mit den alten Werten weiterrechnet und der «blinde» Mann am Richtgerät (Steuerknüppel) nichts mehr tun muss / tun kann (maximal 20 Sek. nach Ref. 5 = sehr lange !?)). Sobald der Flieger wieder auftaucht, kann ihn der Richter übernehmen.

Nun war offenbar (p.28) noch ein zweiter Zustand **«Rechenggerät allein»** möglich, wo das Richtgerät auf ein neues Ziel einschwenkt, also seine Winkel völlig verändert – aber der Rechner bekämpft mit seinen bisherigen Werten weiterhin das alte Ziel. Alles wird ausgereizt bis zum äussersten!

Weder in Ref. 5 (1968) noch auf Fotos zweier FltGt ist etwas gefunden worden zum Betriebszustand «Rechenggerät allein». In Ref. 1 (1974) wird das allerdings erwähnt – beschränkt auf die Zeit des soeben begonnenen Feuerstosses (p.295, p.446). Während des Schiessens kann mit einem optischen Zielsuchgerät OZ zu einem neuen Ziel geschwenkt werden. Erklärt in Ref. 2, Bd. 2, p. 69.

Rückführung

Die Radar-Daten werden in Kartesische Koordinaten umgewandelt, so gemittelt und im Rechner geglättet, dann wieder in Polarkoordinaten zurückverwandelt, und erneut beim Radarturm eingespeist: Das sei **die eigentliche Stärke des FltGt** gewesen, deshalb habe es genau geschossen. So werden die Schwankungen der Radarverfolgung ausgemittelt. Thomas Steuri, Ref. 6

Rechner ist geschwindigkeits-lastig ?

Einfach so ein Eindruck, keine ernsthafte Aussage

Vom Ort des Flugzeuges ist in den Rechner-Variablen **fast nie die Rede** – nur gerade bei den drei Grössen vom Radar her: Seite, Lage, Distanz. Hingegen sind allerlei Geschwindigkeiten mehrfach und immer wieder im Vordergrund, gemittelt, besser gemittelt, in Polar- und in kartesischen Koordinaten, usw. Auch die Beschleunigungen spielen da und dort eine Rolle, aber die gemessenen Winkel zum Flugzeug kommen nur kurz in den Rechner, werden mit den Vorhaltestrecken addiert, und weg geht's zur Kanone, s.Gesamtssystem p. 6. **v_x, v_y lassen sich sorgfältig glätten, Winkel und Distanzen nicht!**

Historisches

Herauswachsen der Super-Fledermaus aus älterer Rechentechnik

Die Rechenkondensatoren nehmen deutlich ältere Gedanken in neuer Fertigungstechnik auf.

1936 wurde die Contraves gegründet, und ab Start muss ihren führenden Leuten (besonders Prof. Fischer) klar gewesen sein, wie ein Flab-Rechner etwa zu konstruieren sei. Grosses Traumziel war das «Oionoskop» (siehe dazu eine eigene Arbeit in dieser Reihe). Zwei Teilgeräte daraus «Stereomat»

und «Verograph» sind vorgezogen worden, echt konstruiert und in geringen Stückzahlen verkauft – sie sind jahrelang zur Zufriedenheit gelaufen. Das Dionoskop ist mit grosser Mühe in einem einzigen Stück fertiggestellt und getestet worden (1943/44), konnte aber nie verkauft werden.

Stereomat: ab April 1939 Im Einsatz, zur räumlichen Orientierung von Sprengwolke und Flugzeug, fotografiert von zwei entfernten Standpunkten aus: stark vereinfachte geometrische Auswertung.

Verograph: ab 1943 im Einsatz, zur genauen Distanzvermessung zum Flugzeug, ab grosser Messbasis.

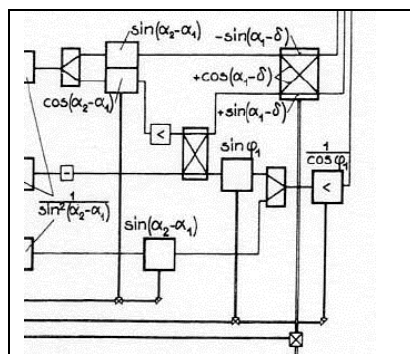
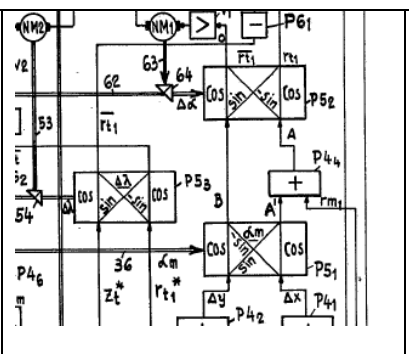
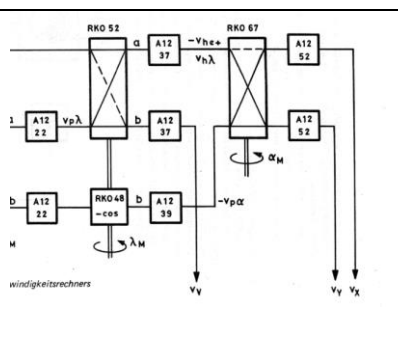
Beide Geräte verwendeten dieselbe Rechentechnik, mit derselben graphischen Signatur wie bei der Super-Fledermaus – aber gefertigt mit grossen und **komplexen Widerstands-Netzwerken**. Die Röhren waren damals «zu wenig stabil», was das auch heisst, man hat sie nur ungern verwendet, wo es gar nicht anders ging.

Es folgt in **drei Darstellungen** (Ausschnitte aus sehr grossen Plänen) immer dieselbe Schaltung für Winkelfunktionen, E wie Eingang, A wie Ausgang:

$$A1 = E1 \sin \varphi + E2 \cos \varphi$$

$$A2 = E1 \cos \varphi + E2 \sin \varphi \quad (\text{oder mit anderen Vorzeichen}), \text{ dargestellt in drei Generationen von Flab-Geräten, alle von Contraves. Immer mit dabei ist das Prinzip der Drehwellen, die (u.a.) Winkel darstellen!}$$

Das Rechelement erhält die aktuellen Winkel durch die Stellung einer Drehwelle. Bild rechts: Wo mit sinus-Werten, wo mit cosinus zu multiplizieren ist, wurde in den Jahrzehnten so verinnerlicht, dass es nicht mehr angeschrieben wird – im mittleren Beispiel war es noch umgekehrt, cos geht gradaus. Doppelstriche sind stets Drehwellen, mit angedeuteten Zahnradgetrieben.

		
<p>Aus Stereomat, mit R-Netzwerken. 1939 erstmals in Zuoz erfolgreich getestet.</p>	<p>Aus Patent CH00302582, Eingabe 1951, noch mit R-Netzwerken – ein ganzer Feuerleitrechner. .</p>	<p>Super-Fledermaus, Rechenkondensatoren und viele Röhren. In der Schweiz ab 1963 eingesetzt.</p>

Trigonometrische Recheneinheiten in diesen drei Beispielen:

Eingang links

Ausgang rechts

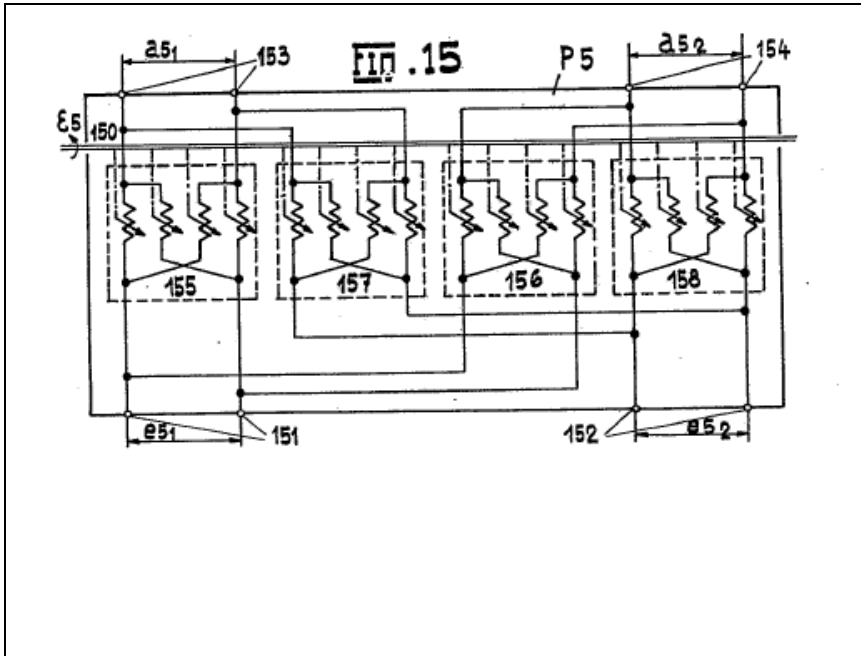
Eingang unten

Ausgang oben

Eingang links

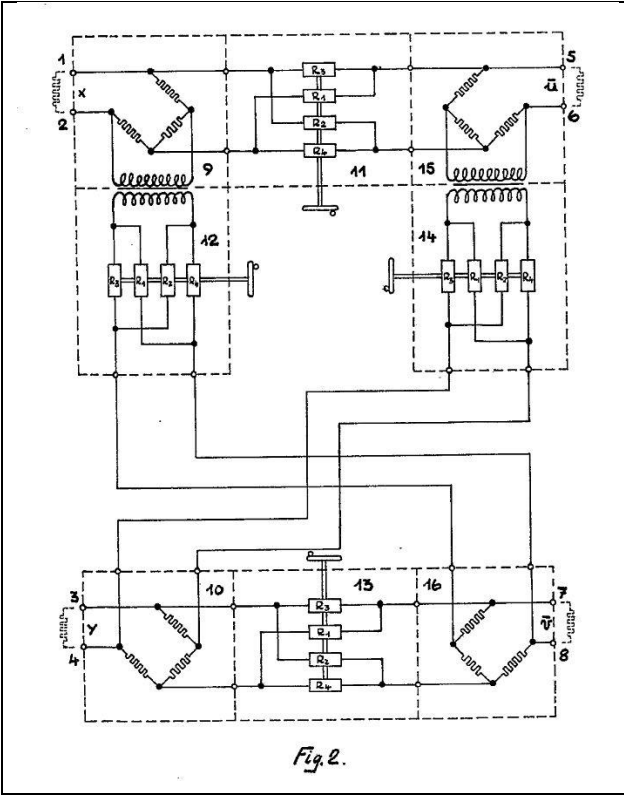
Ausgang rechts

Das sind die graphischen Abkürzungen – nun das **Innenleben der damaligen Widerstands-Netzwerke**, welche Winkelfunktionen ausrechnen mussten:



Aus Patent 302582: Doppelstrich = Drehwelle, bringt den Winkel. Unten zwei Eingänge, oben zwei Ausgänge. Ein Signal besteht aus zwei Drähten mit je symmetrischen Spannungen, z.B. +/- 4.8 V. Die Drehwelle wählt mechanisch für jeden Winkel die richtigen 16 Widerstände aus, welche die Rechenaufgabe erfüllen. Es braucht Unmengen von genauen Widerständen! Ein Winkelgrad pro Schritt ist viel zu gross. Man hat eine Grob-Fein-Kaskade erfunden, zur Reduktion phantastischer Widerstands-Mengen.

Hier noch weitere Darstellungen der jeweils 16 Widerstände (beide aus dem Contraves-Patent CH201663):



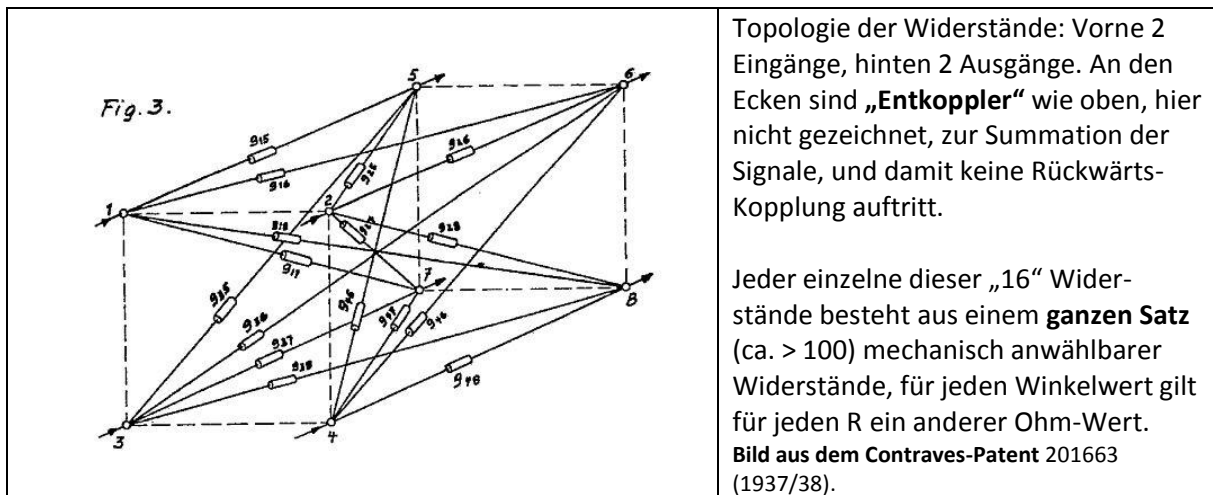
Ein **Acht**pol: Das ist die echte Schaltung der Koordinatentransformation. Die 4 mal 4 Widerstände lassen sich vorstellen / anwählen durch die symbolisierten „Handräder“, also rein mechanisch (Zahnräder, Getriebe, es muss nicht von Hand sein). Die **mechanischen Getriebe** des Stereomaten sind als Photographien im Bundesarchiv erhalten.

Womöglich ist diese Schaltung etwas allgemeiner als nur für die oben gezeigte Koordinatentransformation (wo man nur einen einzigen Winkel hat), weil sich hier vier ganz unabhängige Winkel einstellen lassen.

Die Transformatoren haben damit zu tun, dass sich scheinbar „unabhängige“ Spannungen addieren lassen (wie bei mehreren einzelnen Batterien). Betrieben wird alles durch Wechselspannung (beim Verographen waren es 75 Hz).

Eingangs- und Ausgangswiderstände müssen gepflegt beachtet werden! Immer wieder legt Prof. Fischer Wert darauf, dass alle Ein- und Ausgangswiderstände in der ganzen Schaltung gleich gross sein müssen.

Jeder Einzelwiderstand R1 bis R4 besteht aus einem ganzen Satz von sehr vielen Widerständen, per Drehwähler anzusteuern.



Patent CH322793 für Rechen-Drehkondensatoren, eingereicht 1954 (hier ohne Abbildung). Kann man die RKO genau genug fräsen, bringt das fabrikmässig enorme Vorteile gegenüber den unhandlichen Widerstands-Netzwerken – auch die R-Berechnung muss sehr aufwändig gewesen sein!

Links: RKO aus einem FltGt aus Reckingen VS

Rechts: Prototyp Flak-Pz Gepard, Rendsburg

Aufgesägt ist der Deckel und die näherliegende Hälfte der Stator-Rillen. Man sieht auf Rotor und auf rückwärtigen Stator. Stator-Segmente sind isoliert zueinander.

Aus dem Prüf-Protokoll eines RKO:

Max. Kapazität Hälfte a: 134.5 pF
 Max. Kapazität Hälfte b: 134 pF

Der Kapazitäts-Fehler beider Hälften wurde alle 10° genau vermessen, das ergibt für eine ganze Sinuskurve (eine volle Umdrehung) also 36 Werte.

Das **Prüfprotokoll** gibt an:

	Hälfte a	Hälfte b
Anzahl Werte mit..		
0‰ bis 0.2 ‰ Fehler:	20	22
0.3‰ bis 0.4 ‰ Fehler:	13	11
0.5 ‰ bis 0.6 ‰ Fehler:	3	3
Darüber	-	-

«Fehler in ‰ vom Maximalwert».

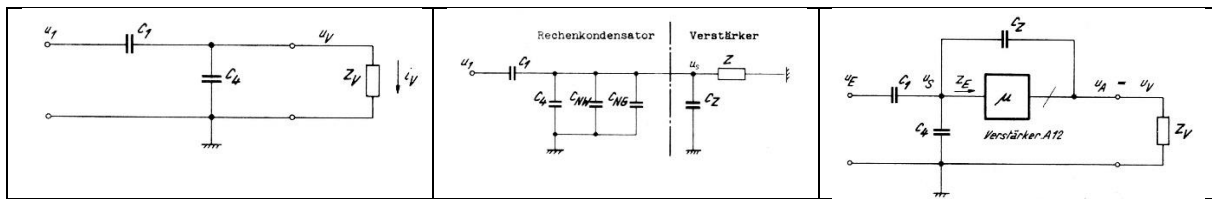
Bild links: Aufgesägte Rechenkondensatoren, Bild und Präparation von Christoph Studer (Ref. 7)

Bild rechts: Das **Prüfprotokoll** eines grossen, trigonometrischen RKO, von Thomas Steuri (Ref. 6) aufbewahrt, zeigt die grosse, fast unglaubliche Präzision, die fertigungstechnisch erreicht wurde.

Grober Test, mit nur einer Variablen allerdings von beschränkter Aussagekraft: $v = 700 \text{ km/h}$, Treffpunkt liege 40° hoch, 3 km Schrägdistanz – das ergibt eine Flugzeit von 3.5 Sekunden, somit eine Vorhaltestrecke von 680 m. **0.5 ‰ Fehler in der Flugzeit** gäbe einen Vorhalte-Fehler von nur 35 cm.

Insgesamt gibt es im Rechner der Super-Fledermaus 68 Doppel-Rechenkondensatoren.

Drei weitere RKO in der Nummerierungskette fehlen, wurden nie gefunden, gibt es wahrscheinlich nicht mehr. Mittels **Dreh-Potentiometern** = Dreh-Widerständen wurden von Hand eingeführt: Barometer, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Parallax-Distanz, Parallax-Höhe, Anfangsgeschwindigkeit; alles ohne Motor. Nur Windrichtung hat RKO.



Links: Prinzip: Stator mit zwei Halb-Sektoren U_1 und Erde (Eingang links, an Wechselspannung gelegt). C_1 ist die Kapazität des einen Sektors zum Rotor, C_4 die Kapazität vom Rotor zum zweiten Sektor. Drehbarer Rotor hängt selber «in der Luft», rechts der Verbraucher – alles wäre sehr hochohmig und nicht belastbar. C_1 & C_4 = totale RKO-Stator-Kapazität. Nummerierung Sektoren 1 und 4, weil trigonometrische Statoren vier Sektoren haben (lineare nur zwei).

Mitte: Allerlei Stör-Kapazitäten (Rotornabe zu Welle, Nabe zu Gehäuse, sie hängen nicht vom Drehwinkel ab) – sie werden mit diversen Tricks kompensiert.

Rechts: Fertig zusammen mit dem Verstärker, Gegenkopplung C_Z oben. Ausgang rechts ca. 1 kOhm, also 2000 mal geringer als im Bild links. Alles muss stets fein abgeglichen werden, im ganzen Rechner.

Quellen:

1. Die elektronischen Geräte der Fliegerabwehrformationen mit Feuerleitgerät 1969. Schweizerische Armee, Regl. 65.536d. Anleitung für Flab-Gerätetechnik. 1974. 557 Seiten, 361 Abbildungen.
2. Werkdokumentation: Feuerleitanlage Super-Fledermaus KALMIS III. Contraves AG, 1970. 15 Bände. In der Guisan-Bibliothek in Bern ist Ref. 1 und Ref. 2 erhalten. Dübendorf hat Ref. 2 in Ausgabe 1966, ohne MTI.
3. NZZ, 6.12.1961: Fritz Buchmüller, «Die Super-Fledermaus». Gesamtschema anders gezeichnet: Koordinatenwandlungen und Steuerung Radargerät sind klar, aber Ermittlung der Geschossflugzeit kommt nicht klar zum Ausdruck. Front-Ansicht des Rechners 1961 minimal anders als CH-Gerät von 1963 (Beschleunigungs-Schalter sind anderswo oder fehlen). – Noch zuvor gab es die «Fledermaus», mit Rechner und Radar auf einem Einachs-Anhänger; dieser Rechner unterscheidet sich im Ableseteil in einigen Dingen von der Superfledermaus, siehe folgenden Film, Ref. 4.

Zitat aus Buchmüller, 1961:

Im Jahre 1949 war der erste Prototyp eines Wechselstrom-Analogiegerätes für 40 mm Bofors-Kanonen vorhanden, der nach denselben Prinzipien arbeitete wie die «Super-Fledermaus». In den folgenden Jahren wurde von der Contraves AG für 14 Nationen mehr als 700 Feuerleitgeräte gebaut, die als Vorläufer der «Super-Fledermaus» gelten können. ... zur Steuerung der bereits vorhandenen 40 mm und 90 mm-Kanonen, wobei Rechengeräte und Richtgeräte auf getrennten Wagen untergebracht waren (Vermutung: getrennte Wagen gilt für 1949, aber nicht für 700 Geräte?). Abbildung dabei: Radar war noch mit optischem Telemeter kombiniert.

4. Historischer Film mit der Quick-Test-Prüfung von Radar und Rechner, Bundeswehr, Fledermaus auf Einachsanhänger (eine Schublade weniger, nur zwei Geschütze (ev. zwei «Batterien») möglich, andere Anordnung der Ablesegeräte): <https://www.youtube.com/watch?v=ntJV4rPhDZg>

Bei diesem Gerät wird die Geschossflugzeit noch nicht für die einzelnen Geschütze separat gerechnet, sondern nur für den Ort des FltGt. Grobe Abschätzung für Schrägdistanz zum Flugzeug 3 km, 30° Höhenwinkel: Steht das Geschütz 150 m bis 200 m näher beim Flugzeug, verändert sich die Schrägdistanz, der Höhenwinkel und die Flugzeit, letztere um ca. ¼ Sekunde. Der Vorhalt als Flugstrecke wird damit (bei 700 km/h) um ca. 50 m falsch errechnet – die Schüsse werden kaum mehr treffen.

Einrichten des Geschützes (Bundeswehr 1960, Bofors 40 mm, etwas anders als bei uns, mit einem «Verstärker» im Kabelweg): <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=RDtI8kg9yUU>

5. Technische Beschreibung und Bedienung der Feuerleitanlage 1963. Schweizerische Armee, Reglement 56.523 d. Es wird auch neuere Fassungen geben. Gute Beschreibung aller Teile und Ableseruhren, sowie zur Bedienung, welche Rolle wann was macht. Zur inneren Funktion ist nichts zu finden.

6. Thomas Steuri, persönliche Mitteilung. Th. Steuri machte seine Lehre im Flab-Zeugheus Zweisimmen und wartete später die Geräte Super-Fledermaus der Schweizerischen Vogelwarte zur Erforschung der Vogelzüge (inkl. innerem Umbau, Vorhalt weggenommen, Computer-Anschluss, ein Seeradar wurde umfunktioniert, etc.).

7. Christoph Studer, persönliche Mitteilung. Chr. Studer arbeitete 30 Jahre lang an Themen von Flugbahnen, Treffpunkten, Rechnern, Versuchsschiessen, Messtechnik – bei Contraves, RUAG, bei der Bundeswehr, beim Flak-Panzer, der anfänglich einen ähnlichen Rechner besass.

Ein gefundener Schemaplan des Rechners (Bundesarchiv, nahe zur Super-Fledermaus) stammt ca. aus der Zeit eines grossen Natoauftrages (Contraves Predictor F/90, 300 Stück, 1954-56, 9 cm-Geschütz). Wahrscheinlich ist die Rechner-Architektur und das Prinzip der Rechen-Kondensatoren etwa gleich geblieben. **Die Frontplatte eines F/90 mit den Anzeigeelementen ist im Museum Full erhalten geblieben**; es gab bei diesem grossen Kaliber 90 mm noch eine Ladeverzugszeit einzustellen, wegen Hand-Tempiering der Geschosse.

Nachfolger für die Super-Fledermaus war das Feuerleitgerät Skyguard, ebenfalls von Contraves. Der dazu entwickelte Rechner hiess Cora: Contraves Rechen-Anlage. Der Vorgänger Cora 1 wurde entwickelt 1956-63: Digital, Einzeltransistoren, 24 Bit, 16 kB Speicher, Takt 1 MHz – an der EXPO 64 demonstriert, ohne dass man ihn sehen durfte. Ein Exemplar steht im Musée Bolo in Lausanne. Das im Skyguard eingesetzte Modell Cora 2 war dank integrierter Schaltungen deutlich kleiner, 12 mal schneller. Im Film erklärt Peter Tóth (1932-2015) die Entwicklung dieser beiden Rechner: <https://www.youtube.com/watch?v=kBQyeSYICyw>

Weitere Contraves-Patente, die bisher nicht erwähnt worden sind:

CH214942, eingereicht 1941: Grob- / Fein-Kaskade zu den früheren Widerstands-Netzwerken, um die Anzahl der benötigten Widerstände zu begrenzen.

CH304198, eingereicht 1952: Ein-Ausgang Elektronenröhrenverstärker, Phasenlage, nach RKo-Abgriff. Viel zum Gitterableitwiderstand, wo die Gegenkopplung eingeführt wird.

CH354370, eingereicht 1956: Elektrische Fernübertragung zwischen Geber- und Empfängerwelle, mit (wahrscheinlich) Grob-/Feinbereich, Motorgenerator, Frequenz-veränderlichem Generator. Für sehr lange Übertragungswege. Nicht so wie im FltGt63/69 realisiert. Eine schöne, wilde Sache!

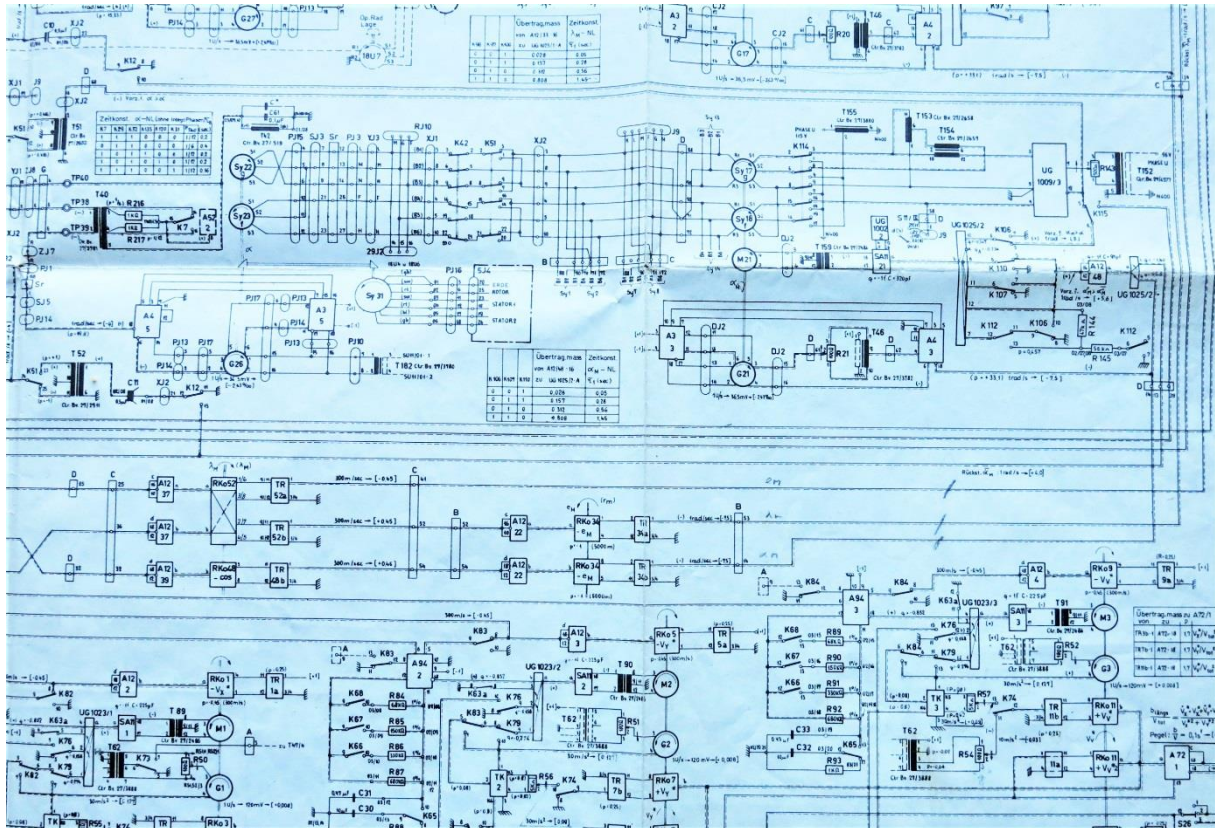
CH345566 (1956), CH387963 (1961): Die alte Idee des Oionoskopes (Schussfehlervermessung) geistert immer wieder auf. Erste Form: Verzögerungsband, wie 1943 realisiert. Zweite Form: Radar mit drei Distanztoren, Nachleuchtbildschirm.

CH419266, eingereicht 1965: Elektromechanische Nachlaufsteuerung, Differenz Soll- und Ist-Position steuert Motor vor- oder rückwärts.

Patent-Suche: <https://www.dpma.de/recherche/depatinet/>
Alles ändert sich immer wieder....

Dort Datenbank, Suchmodus BASIS.

Ist noch etwas unklar ? Gibt es irgendwo Lücken, Seltsamkeiten, unerklärliche Widersprüche ? Fehlt gar ein Motor, oder ein leeres Transformator-Gehäuse ruft nach Erklärung ? Wo ist der unauffindbare Rk0 30 ? **Grosse Elektro-Pläne** können einen Hinweis geben – sie fressen zahlreiche Stunden, aber oft findet sich eine Spur. Eine Lupe, Neugier, grosse Tische leisten gute Dienste, und Angst vor weiteren Rätseln darf man nicht haben. Gezeigt ist ca. 10% der ganzen Plan-Fläche. Kleine Stücklein von acht Drehwellen sind drauf.



Dies ist die sechzehnte Arbeit in einer Reihe, in der **historische Militärrechner** studiert und beschrieben werden – meistens im Bereich der **Fliegerabwehr**:

- Erste Arbeit: Kommandogerät SPERRY Herbst 2014
- Zweite Arbeit: Kommandogerät GAMMA-JUHASZ-HASLER 2014/15
- Dritte Arbeit: Diverse Geräte der Fliegerabwehr: Distanzbestimmungen, Kontroll- und Schulungsgeräte
- Vierte Arbeit: Rechnen mit präzis geformten Stahlkörpern März 2016
- Fünfte Arbeit: Kommandogerät zur 34mm Kanone (Winkelgeschwindigkeits-Gerät) Mai 2016
- Sechste Arbeit: Frühe CONTRAVES-Geräte: Oionoskop mit Stereomat und Verograph Juli 2016
- Siebte Arbeit: Horchortung: Elascop und Orthognom Nov 2016
- Achte Arbeit: Kurvenflug-Rechner Jan 2017
- Neunte Arbeit: Automatisierte Rechner für Geschossflugbahnen Mai 2017
- Zehnte Arbeit: Auswanderungsmesser: Flugzeugvermessung im 1. Weltkrieg Okt 2017
- Elfte Arbeit: Rechenanlage Verograph zur genauen Distanzbestimmung Dez 2018
- Zwölfte Arbeit: Flabvisier XABA zur 35mm-Kanone 1963 Oerlikon Mai 2019
- Dreizehnte Arb: Hunter-Rechner BT-9 von SAAB (Flugzeug-Rechner) März 2020
- Vierzehnte Arb: Kommandogerät GAMMA: Reparaturheft gefunden (kurzer Text) Jan 2021
- Fünfzehnte Arb: Venom-Rechner LAR (Flugzeug-Rechner) Juni 2021

André Masson, Langenthal / Schweiz

Dez. 2021