

Historische Contraves Rechner, ca. 1947 – 1977:

Rechen-Kondensatoren auf mechanischen Drehwellen

Übersicht und Thema p. 1

Kanonen-Flab

Schweden, Centralinstrument Mod. 48 p. 5

Nato-Aufträge F/90, T/90 Tracker p. 6

Fledermaus und später Super-Fledermaus, FltGt 63 und 69 p. 6

SURO (=Super-Roboter), p. 9

Zur Simulation von Flügen, Ausbildung am FltGt63/69

Schiffs-Flab p. 11

z.B. Fregatte F352 Peder Skram, Museumsschiff in Kopenhagen.

Flab-Panzer Gepard p. 12

Lenkwaffen

RS_A, RS_C/D, RS_E p. 15

Seewaffen: gegen Luft- und Seeziele p. 23

Exkurs I und II: Lenkung der BL-64 / Stabilität im Flug p. 27 / p. 29

Zivile Anwendungen:

Höhenforschungsrakete Zenit (nur pro memoria) p. 30

Integrieranlage 58 p. 30

Strom-Netzwerke: Network Analyzer p. 32

Quellen p. 38

Die angegebene **Jahreszahlen von Entwicklungen und Produkten** sind mit Vorsicht zu geniessen! Das ist oft unsicher: Beginnt die Entwicklung des Produktes in diesem Jahr, war es die Bestellung, die Auslieferung, die Einführung bei der Truppe ? Das sind eher Schätzungen, oft nur Zufalls-Funde.

Übersicht, Thema der Arbeit

Grundproblem der Fliegerabwehr ist das Ermitteln des Treffpunktes – irgendwo weit voraus vor dem Flugzeug. Das erfordert grössere Rechenarbeit: Es sind Höhe, Distanz, Geschwindigkeit und Kurs des Flugzeuges zu bestimmen, und die Krümmung der Geschoss-Flugbahnen ist ebenfalls einzubeziehen. Vor und während des zweiten Weltkrieges sind spezielle mechanische Analogrechner oder «Zahnrad-Computer» in grosser Vielfalt konstruiert worden, welche diese Aufgaben ausgeführt haben.

Die Firma Contraves Zürich hat sich der Aufgabe der Fliegerabwehr gewidmet. Sie wurde 1936 gegründet und konnte mangels Erfahrung bei den mechanischen Rechnern am Anfang nicht mithalten. Hingegen hat sie **zwei neue elektrische Rechenprinzipien** vielleicht erfunden, sicher aber entwickelt und bis zur Marktreife verfeinert:

>>> **Widerstands-Netzwerke**

Direkt ab Firmengründung wurde mit einer schwer verständlichen Mehrpoltheorie ein Rechenprinzip entwickelt, das mit **tausenden von Widerständen** arbeitet. Damit wurden zwei Geräte «Stereomat» und «Verograph» gebaut und jahrelang in kleinen Stückzahlen verkauft. Sie übernahmen punktuelle Aufgaben in der Ausbildung. Am grossen, ursprünglichen Firmenziel «Oionoskop» hat man sich allerdings die Zähne ausgebissen: ein einziges Exemplar wurde mit grosser Mühe fertiggestellt und geprüft, aber verkauft werden konnte es nicht. Die drei Geräte waren alle für die Ausbildung gedacht, nicht für den Kriegseinsatz. Ihre Aufgaben waren wie folgt:

Stereomat: Ab den photographischen Aufnahmen von Sprengpunkt und Flugzeug, von zwei weit auseinanderliegenden Standorten her aufgenommen, wird der räumliche Schuss-Fehler in unterschiedlichen Koordinaten auf Knopfdruck numerisch ausgerechnet und auf Papier ausgegeben.

Verograph: Der Messfehler der Distanzbestimmung zum Flugzeug (mittels Telemeter) wird durch Anpeilung ab deutlich grösserer Messbasis bestimmt und auf Mess-Streifen kontinuierlich aufgezeichnet. Vier Telemeter werden gleichzeitig überwacht und ausgewertet.

Oionoskop: Der Schussfehler wird ermittelt durch Vergleich der wichtigsten Grössen (zum Zeitpunkt des Abschliessens, und nach Ablauf des Zeitzünders) – sogar ohne dass geschossen worden ist! Die Daten des Rechners werden mit eigens entwickeltem Stahlband verzögert um die Geschossflugzeit, daraus dann der Treffpunkt berechnet, und mit der Flugzeugposition zum Zeitpunkt der Explosion verglichen. Eine originelle, noch nie dagewesene Konstruktion, aber sehr aufwändig.

>>> **Drehwellen-Geräte mit Rechen-Kondensatoren**

Nach Ende des zweiten Weltkrieges wurde ein zweites, ganz anderes Rechenverfahren entwickelt: Die Variablen werden nachgestellt als Winkel-Positionen mechanischer, durch Motoren angetriebener Drehwellen, dann aber auch als elektrische Wechselspannungen. Das Wechselspiel zwischen mechanischen und elektrischen Grössen erlaubt die vielfältigsten Rechen-Operationen. Auf den Drehwellen sitzen speziell geformte Drehkondensatoren. Entweder ist ihre Kapazität proportional zum Drehwinkel, oder trigonometrische Funktionen und auch ballistische Tabellen werden durch die Form dieser Drehkondensatoren abgespeichert. Die Verstärkung der kleinen Signale erfolgt mit Röhren – erst beim Flab-Panzer und bei den jüngeren Lenkwaffen kommen transistorisierte Verstärker zum Zug.

Dieses Rechenprinzip wurde entwickelt und jahrelang verwendet – und war die Grundlage für grossen kommerziellen Erfolg: Die Anlagen konnten in die halbe Welt exportiert werden. Contraves hat auch verschiedene Anwendungen im zivilen Bereich ausprobiert. Die Hauptsache vom Umsatz her blieb allerdings die Kanonen-Flab.

Ziel der Arbeit ist es, die vielen Anwendungen der Contraves-Analogrechner mit den motorisierten Drehwellen nachzuzeichnen – in den unterschiedlichsten Gebieten.

Zwei der Rechner sind in früheren Arbeiten der Serie «Historische Rechner» bereits **vertieft** besprochen worden: Rechner des **Feuerleitgerätes Super-Fledermaus**, sowie die **Integrieranlage IA 58** für das Technikum Winterthur. Die Arbeit zum Fledermausrechner ist zu finden unter: <https://www.cdvandt.org/feuerleit-rechner-fledermaus.htm>

Damit die Funktionsweise des Rechners in den Grundzügen auch hier dargestellt wird, sei ein Teilstück der früheren Arbeit hineinkopiert. Es geht dabei um Koordinaten-Umrechnungen, wenn sie in einem System bekannt, in einem gedrehten System gesucht sind. Oder etwa auch: Das eine Geschütz steht 145 m vom Rechner entfernt, von Norden her 20° nach Osten. Wie sind seine Koordinaten in NS- und in EW-Richtung, vom Rechner aus gesehen ?

Die Sinus- und Cosinus-Funktionen werden in Drehkondensatoren mit besonders geschnittenen Rotoren gespeichert:



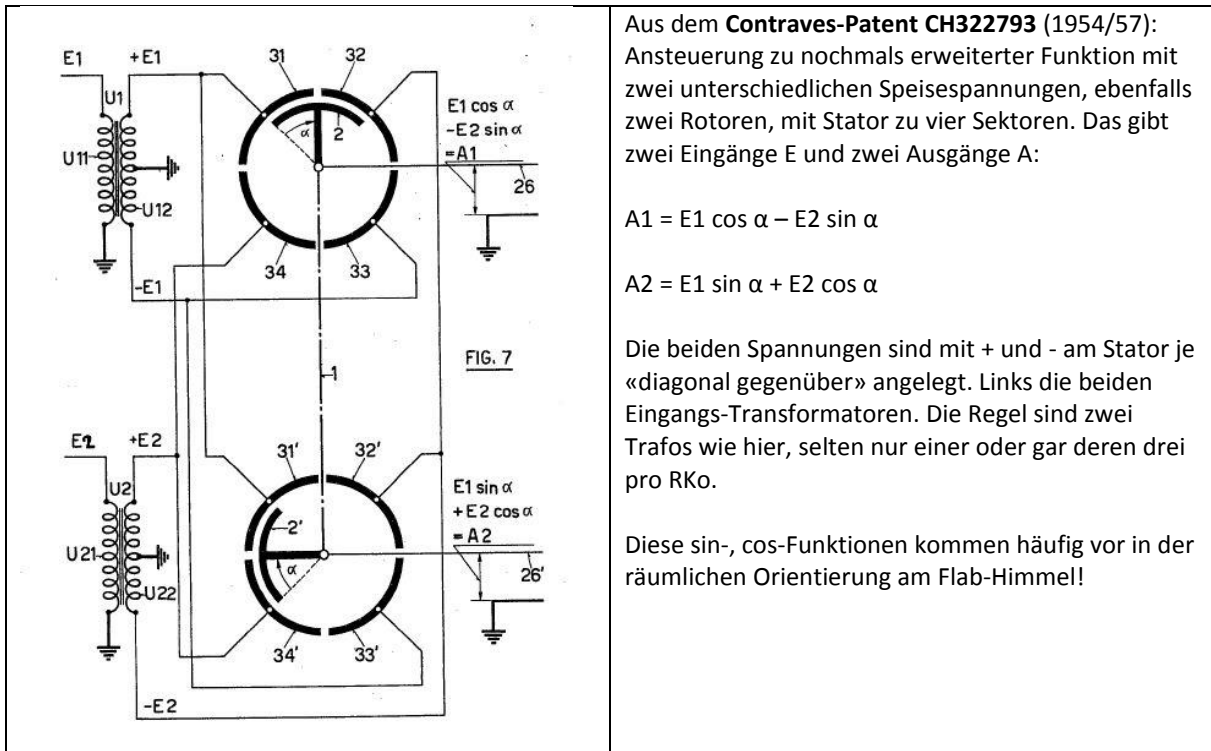
Die folgende Schaltung liefert zwei getrennte Ausgangsspannungen

$$U_1 = d \cdot \sin \varphi \quad \text{das heisst:} \quad \text{Ost-Distanz zur Kanone}$$
 Und

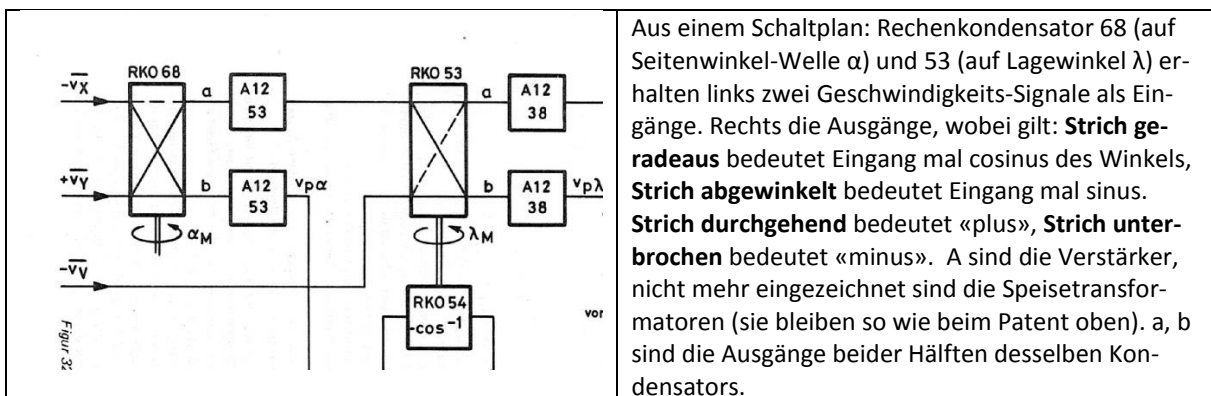
$$U_2 = d \cdot \cos \varphi \quad \text{Nord-Distanz}$$

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

Elektrisch gerechnet wird wie folgt (hier etwas allgemeiner mit zwei Eingangs-Signalen E1 und E2, statt nur mit einem einzigen Faktor d im Beispiel oben): Die Distanzen oder allgemein die Eingangssignale werden durch Wechselspannungen 400 Hz abgebildet (E1 und E2), die Winkel durch den Drehwinkel der Welle:



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



Bei wichtigeren Variablen sitzen mehrere RKO aufgereiht auf derselben Drehwelle, z.B. fünf Doppelkondensatoren auf der Welle «Distanz zum Messpunkt», oder sieben auf der Welle «Lagewinkel Messpunkt». Wichtige, mehrfach vorkommende Variablen sind meistens sowohl als elektrische Spannungen angegeben, wie auch als mechanischer Drehwinkel einer Welle.

Die Motoren, welche die Drehwellen auf ihre genaue Position einstellen, werden alle in einem geschlossenen Servo-Kreis bedient: Sollwert wird mit dem Istwert verglichen, die Differenz wird verstärkt auf den Motor zurückgeführt. Zusätzlich liegt auf der Motorwelle immer auch ein Generator, der eine Spannung proportional zur Drehgeschwindigkeit liefert (erste Ableitung der Grösse, Ort wird zur Geschwindigkeit, Winkel wird zur Winkelgeschwindigkeit).

Rechner für die Kanonen-Flab:

Schweden, Centralinstrument

Modell 1948

<https://digitaltmuseum.se/011024258548/centralinstrument-m-1948/media?slide=3> (bis slide=6)

Erstes bekanntes und datiertes Modell des Contraves-Feuerleit-Rechners, nach Schweden exportiert.

Und auch noch, mit Anpassungen (1962) für fünf Sorten Munition, meist 40 mm von Bofors:

<https://digitaltmuseum.se/011024262877/centralinstrument-m-1948>

Schweden: Bereits während des Krieges oder kurz danach wurde ein «Stereomat» der Contraves nach Schweden exportiert. Die Winkel-Einteilung ging von 0 bis zu 6300 ‰ (bei uns bis 6400 ‰). 1952 wurden (zusammen mit Nordiska Instrument KB ?) die Contraves Fabrikationen Stockholm gegründet: NZZ 22.9.55, Nr. 2483. Man suchte auch in der Schweiz nach Personal für die dortige Niederlassung.

Hier noch **auf separatem Gestell** erfolgt die **Distanzbestimmung** zum Ziel, sowohl mit optischem Telemeter wie auch mit Radar (ev. für Tag/Nacht ?), im Museum ebenfalls datiert auf 1948 (kann aber auch im Jahre 1948 bestellt worden sein):

<https://digitaltmuseum.se/011023029942/sikte/media?slide=2>

Schwedischer Text dazu: Wenn das Visier dem Ziel folgt, werden die Werte von Seiten- und Höhenwinkel und die Schrägentfernung zum Zentralinstrument übertragen. Bedient durch zwei optische Richter und einen Radaroperator.

<https://digitaltmuseum.se/011024262874/centralsikte-m-1948/media?slide=1>

Radar – hier ev. ohne oder mit separat aufgestelltem Telemeter ? Ebenfalls datiert, CZ-Zeichen. Links daneben wohl ein optisches Zielsuchgerät: Riktstativ m/1948.

Glücksfall: In Ref. 6), auf 1949 datiert, gibt es Innenaufnahmen einer Rechner-Schublade: Alles ist im Prinzip bereits gleich wie beim späteren Fledermaus-Gerät – mit winzigen Abweichungen in den geometrischen Anordnungen.

Rechner Feuerleitgerät 54 in niederländischer Bildersammlung, mit englischem Radar Mk 7

Holländ. **Bildersammlung** historischer Flab-Geräte, dort Materieel / Radar en Vuurleidingsapparatuur / Doelopsparing & Vuurleiding / Vuurledingstoestellen / Rekentoestel Contraves tbv 3MK7:

<http://www.grondgebondenluchtverdediging.nl/fotoalbum/picture.php?/1743/category/53>

Radargerät FALCON

Mod. 1954, Einachser inkl. Radar

Radargerät FLEDERMAUS

ab 1956, div. Ausführungen, Einachsanhänger inkl. Radar.

Radargerät SUPER-FLEDERMAUS 63/69

ab 1963. Zweiachsanhänger inkl. Radar.
Version 1969 mit MTI, Moving Target indication
(d.h. Standzeichen-Unterdrückung, sehr wertvoll)
Typus für BRD wird als Deisswil VII bezeichnet.

Wie der Rechner mit den Drehwellen und Rechen-Kondensatoren funktioniert, ist genauer und vertieft beschrieben in:

<https://www.cdvandt.org/feuerleit-rechner-fledermaus.htm>

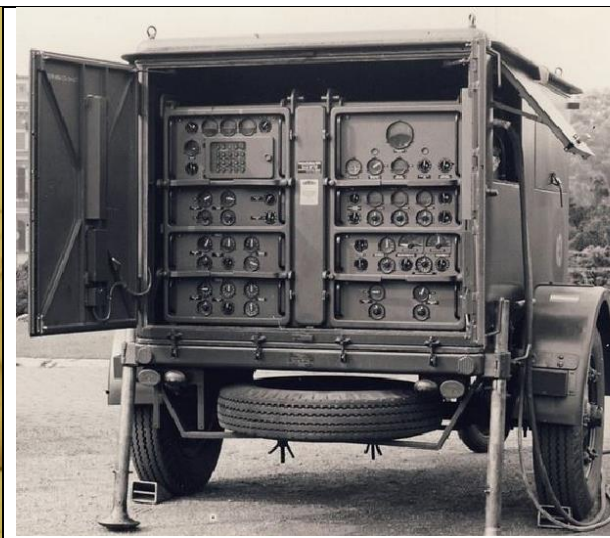
Erinnerung: Wenn die Geräte-Mechaniker zum Feuerleitgerät kamen, um die Schubladen des Rechners zu öffnen, mussten alle Flab-Soldaten weit weg und den Platz ganz verlassen!

Rechner F/90, mit opt. Tracker T/90

Lieferung ab 1954 bis 1959, grosse NATO-Aufträge. Mit engl. **Radar Mk. 7** (u. ev. andere). In Holland auch benannt als Rekentoestel 3MK7.



Falcon, Contraves Italiana, Roma. Leuchtschirme für Radar müssen im Betrieb abgedunkelt werden (in Ref. 1 ist Rechner um 90° gedreht auf Anhänger).



F/90 aus holländischer Bildersammlung. Exakt dieses Modell ist erhalten geblieben im Militärmuseum Full, beschriftet in deutscher Sprache.

Bild Ref. 7

Zum F/90: Rechner für 90-mm-Kanonen, für Granaten mit Zeitzündler – jeder Schuss ist zuvor separat zu tempieren auf die richtige Flugzeit: Der Rechner benötigt den Wert der Ladezeit-Verzögerung (vom Befehl «Feuer» bis zum Abzug, einstellbar 0 bis 6 Sekunden) und rechnet die Tempierzeit um diese Verzögerung voraus: in 4 Sekunden, wenn der Schuss losgeht, ist das Flugzeug ja nähergekommen als zuvor, d.h. die korrekte Tempierzeit ist nicht die jeweils angezeigte, aktuelle Geschossflugzeit.

F/90: Die Rechentechnik erfolgt schon früh genau gleich wie bei der späteren Super-Fledermaus. Identisch auch sind die ausziehbaren Schubladen, deren elektrische Anschlüsse mit den Flachband-Gummikabeln an der Seite, die Tragegriffe, um die Schubladen ganz auszuwechseln, etc.

Einzig die Verstärkerröhren (rechts der Hand) liegen später nicht mehr so nahe bei den Motoren und Anzeigen, sondern in eigenen Verstärker-Gehäusen.

Bei diesem Gerät wird nur eine einzige Flugzeit errechnet, die für *alle* Kanonen gilt. Dasselbe für die Parallax-Werte, die nur einmal einzustellen sind (bis 500 m).

Später erhält jede Schublade / jedes Geschütz eine eigene Flugzeit und je eigene Parallax-Werte.



Holland-Bildersammlung, siehe oben

Radar zum Rechner F/90:

Es wurde das britische Radargerät BTH 3 Mk. 7 verwendet, das leicht später auch in der Schweiz Verwendung fand (British Thomson Houston). In der Schweiz werden die Radar-daten elektrisch zum Rechner geführt, dort per Folgezeiger durch zwei Mann wieder mechanisch von Hand in den Rechner Gamma-Hasler eingedreht. Beim F/90 gibt es keine Folgezeiger, denn die sähe man von aussen: die elektrischen Radar-Daten oder die Tracker-Daten werden direkt weiterverwendet durch Übertragung mittels Synchronos.

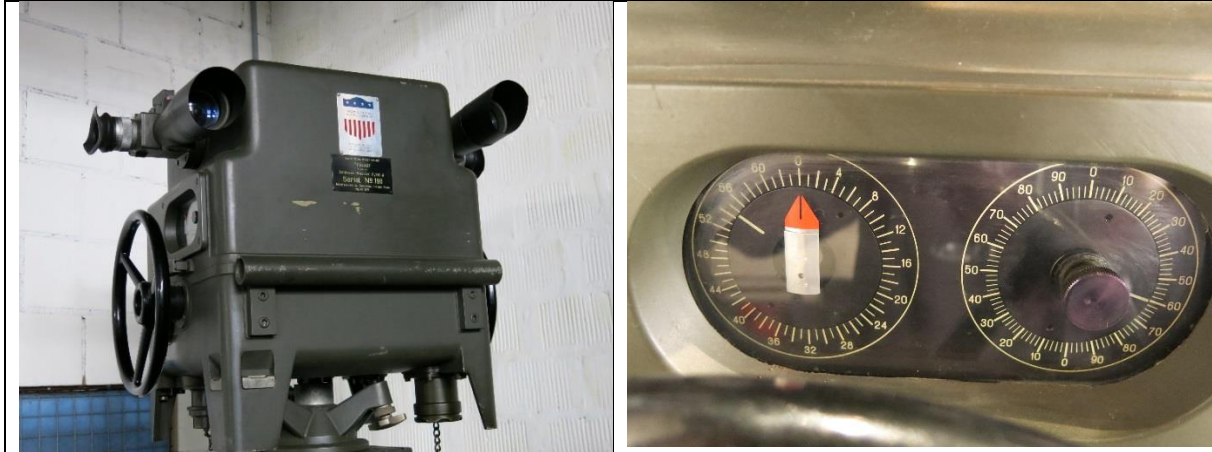
Optisches Folgegerät zum Rechner F/90:

Während bei FltGt63/69 zum ev. schnelleren Auffinden des Flugzeuges ein bis drei relativ schnelle Optische Zielgeräte OZ zum Einsatz kamen, bedient von einem Mann in Seite und Höhe, sieht der Tracker T/90 etwas schwerfälliger aus. Zwei Mann bedienen es in der Seite resp. in der Höhe, mit Blick durch das Fernrohr, Winkelverdrehung mit je einem grossen Handrad.

Name Tracker: Ob dieses Gerät ev. nicht nur zum Auffinden wie beim OZ, sondern zu einer ruhigeren Verfolgung eingesetzt wurde, als es beim frühen Radar Mk.7 möglich war ? Nachts geht das nicht mehr.

Die beiden Winkel Seite und Höhe haben beide einen Grob- und einen Feinzeiger. Die Grob-Zeiger sind mit einem echten Folgezeiger ausgerüstet: Sollwert und Istwert. Der Feinzeiger «Seite» ist mit einer Fein-Hand-Verstellung versehen, ev. zum anfänglichen Einrichten der Batterie ? Beim Verfolgen des Flugzeuges schauen die Männer ins Fernrohr und können keine Folgezeiger beachten. Beim älteren Rechner Gamma-Hasler gab es (auch) die Möglichkeit, dem Telemeter rückwärts mit Folgezeigern anzuzeigen, welches von acht Flugzeugen auszumessen und zu beschiessen sei.

Etiketten: "Tracker, a part of Contraves Predictor F/90-B, manufactured by Contraves Italiana, Roma"
 "Procured in Italy by Signal Corps United States Army". Beim Rechner: "Contraves Predictor F-90-B, manufactured by A.C.E.C. – Charleroi" (= Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi). "Procured in Belgium by Signal Corps United States Army". – Von den F/90 und T/90 konnten 1953-1959 insgesamt 364 Geräte verkauft werden.



Optischer Verfolger (Tracker) zu F/90, Museum Full: Gesamtansicht und Seitenwinkel grob (mit Folgezeiger) und fein (mit Hand-Drehknopf, beim Höhenwinkel fehlt er). Der Höhenwinkel wird gleich angezeigt.

Der Rechner F/90 hat einige Unterschiede zur Superfledermaus FltGt63/69:

> **Harmlos:** Seitenwinkel und Seitenwinkel-Vorhalt werden addiert, gehen so zur Kanone: der addierte, endgültige Wert ist bei F/90 auch noch angezeigt, beim FltGt63/90 nicht. Ev. Vor- teile bei defekten Kabeln, Funk-Durchgabe der Werte ? Dasselbe beim Höhenwinkel.

> **Bedenklich:** Beim F/90 können mittels Handeingriff der Seitenwinkel, der Höhenwinkel (beide mit $\pm 20\%$), die Schräg-Entfernung zum Treffpunkt ($\pm 400\text{ m}$), der Kurswinkel ($\pm 200\%$), die Horizontal-Zielgeschwindigkeit ($\pm 50\text{ m/s}$) nach Belieben von Hand «verbessert» werden (ev. auch verschlechtert) gegenüber dem Rechenvorgang. Eine heikle Sache, bei so vielen Variablen vom automatisierten Rechenvorgang abzuweichen! Und doppelt bedenklich, weil sich diese Variablen von blossem Auge gar nicht beurteilen lassen – und das Radar liefert sie auch nicht.

Beim FltGt63 gab es einen kleinen, separaten Handkorrektur-Kasten, bei dem Seitenwinkel und Elevation von Hand je um $\pm 5\%$ zu verändern waren, sowie der Längs-Vorhalt um $\pm 2\%$. Beim FltGt69 ist der Anschluss-Stecker für diesen Korrektur-Kasten wieder verschwunden – er hat sich offenbar nicht bewährt.

> **Unverstanden**, nur Ausgabe, d.h. zur Anzeige eines Wertes: «Korrekturwinkel für Zünder- einstellungs-Berechnung (Höhe)» und auch dasselbe für die Seite – mit möglichen Werten von $+ 3200\%$ bis $- 3200\%$ in der Seite, von -1600% bis $+1600\%$ in der Höhe (Korrektur also je um 180° in der Seite und 90° in der Höhe).

SURO

Ab 1968 bis 1975

«**Super-Roboter**», eingebaut in einen (ev.) Opel Blitz, zur Simulation von Flügen. Ermöglicht die Ausbildung am FltGt63/69 im Kasernenbetrieb, ohne dass Flugzeuge fliegen müssen. In der Schweiz waren 19 Geräte im Einsatz. Englische Beschriftung deutet auf Exporte hin.

Es können zwei FltGt simultan angeschlossen werden. Der Instruktor wählt und startet am SURO den simulierten Flug, der am Radargerät der Auszubildenden normale Signale anzeigt. Die Zeit ab Such-Start bis zum Aufschalten der Radargeräte wird gemessen: Auffinden des Flugzeuges, schnelle Wahl von Winkeln und Distanzen. Sogar im Fernrohr des Richters auf dem Radarturm oben ist das fiktive Flugzeug in einem künstlichen Display zu sehen!

Ein Rechner ist erhalten im Museum Full, mit 4050 Betriebsstunden! "Manufactured under licence by Contraves Italiana S.p.A., Roma. Unit No. SURO 1070".



Rechts oben: Mehrere vorprogrammierte Flüge, inkl. Steigen, Sinken, Kurven, Radar-Störungen. In der Mitte unten ein 33-Kanal-Schreiber (je ON / OFF).
Telephonkontakt zu den Radar-Operatoren im FltGt.

Militärmuseum Full



Nach Einstellung der Anfangsbedingungen werden die Flüge laufen gelassen. Abzulesen sind aktuelle Höhe, Kurswinkel, horizontale Geschwindigkeit (hier sichtbar), sowie present bearing, angle of sight, slant range (Schrägdistanz)

Militärmuseum Full



Einstellungen der Anfangsbedingungen für drei Flüge (oberste drei Zeilen) und Zusatz-Änderungen für Flug 4-6 (zuunterst). Anfangs-Werte für Koordinaten x , y , z , v_x , v_y in m resp. m/s. Suro ab 1968...

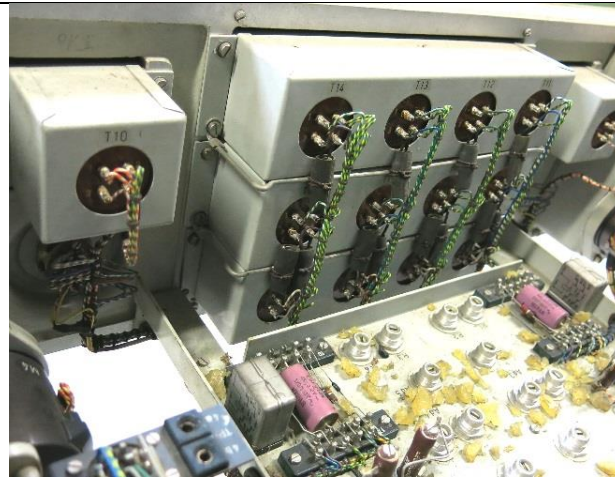
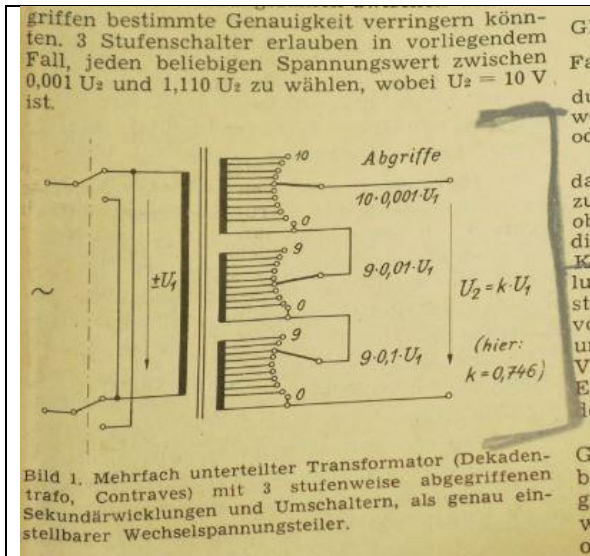
Militärmuseum Full



... und zehn Jahre zuvor, 1958: **Integrieranlage** für das Technikum Winterthur (siehe später). Für alle Integriatoren lassen sich die exakten numerischen Anfangswerte an den Dekaden-Rädern einstellen.

MfK Aussenstation Schwarzenburg

Herstellung dieser exakten Analog-Spannungen 400 Hz: Grob-, Mittel-, Fein-Sekundärspulen an einem Transformator, alle hintereinandergeschaltet; die Spulen haben zehn oder 11 Abgriffe, die mit den Drehrädern angewählt werden. Polumtausch gibt den Vorzeichenwechsel. Die Transformatoren dahinter brauchen nicht mehr Platz als die sichtbaren Zahlenräder davor.



Dekadentrafo mit hoher Präzision, hier aus IA-58

4 Spulen mit 33 Anschlüssen in kleinem Gehäuse: Das gibt Fertigungsprobleme – wie bei den Rechenkondensatoren auch.

MfK Bern

IA-58, MfK Aussenstation Schwarzenburg



Beim 33-Kanalschreiber lassen sich 33 Spitzen durch Magnetspulen absenken oder anheben. Darunter läuft ein Papier über die grosse Walze. Die Nadeln haben keinen Platz für seitliche Bewegungen. Es bleiben somit rein zeitliche Messungen.

Papierbreite nachträglich geschätzt auf ca. 30 cm.

Der SURO wird innerlich etliche Variablen haben, die nicht alle mit den Zeiger-Instrumenten angezeigt werden.

Um am Radar ein sinnvolles Zielsignal darzustellen, müssen die echten momentanen Richtgerät-Koordinaten in Seite und Höhe und auch die Suchbewegungen des Schirmes elektronisch mit den simulierten Zielkoordinaten des SURO koordiniert werden. Die darzustellenden simulierten Echos müssen mit der richtigen Verzögerung hinter den echt gesendeten Pulsen kommen (oder aber sie werden erst in späterer Signal-Verarbeitung eingespeist?). Das sieht anspruchsvoll aus. Es ist denkbar, dass zusätzlich zum SURO-Rechner noch weitere Geräte im SURO-Fahrzeug beteiligt waren – das passt gut zu den Erinnerungen eines damals Beteiligten Th.S.: « ... ein

riesiger Kabelberg musste mit der Fledermaus verbunden werden». Der SURO hat 6 dicke Kabelstecker nach aussen, zu je ca. 35 Drähten, sowie zwei dicke (ev. Mehrfach-)Koax-Stecker, plus Hilfsgeräte, Telephon, auch externe Schreiber.

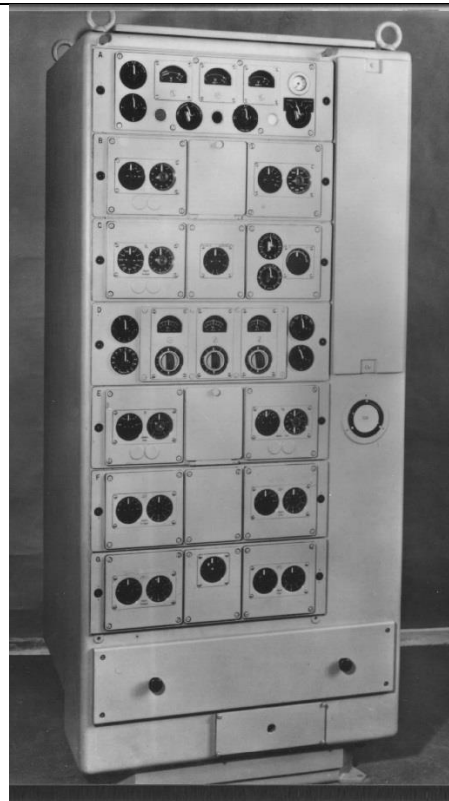
Schiffs-Flab

Prototyp eines Schiff-Rechners 1952 aus Ref. 6) >> 10 Jahre vor der CH-Fledermaus! <<

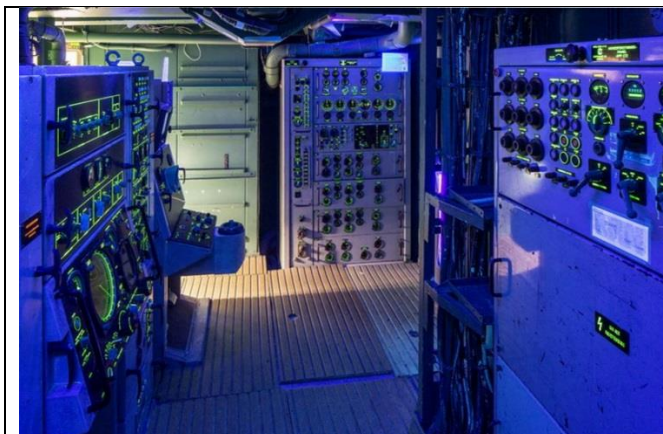
Das Schiff ist wesentlich flexibler und beweglicher als eine fest auf dem Boden aufgestellte Anlage! Es schwankt und neigt sich je nach Wellengang in drei Dimensionen, dazu kommen variable Werte für Kurs und Geschwindigkeit. Das muss alles in die Rechnung einbezogen werden. Einfluss von Parallaxe, Wind, Temperatur, Anfangsgeschwindigkeit sind ähnlich wie am Boden.

Text aus Ref. 6):

The computations are made without any theoretical simplifications whatever as regards extrapolation. The linear functions are supplied by the potentiometers, the trigonometric and ballistic functions by variable capacitors of special type.



Fregatte F352 Peder Skram, Museumsschiff in Kopenhagen, ab 1966 einsatzbereit



Hinten der Rechner: mit 7 grossen Schubladen klar grösser als beim FltGt63/69 (4 Schubladen).

Rechts oben: Im Originalbild sehr deutlich das CZ-Symbol (Contrares Zürich).

Die Radar-Bedienung ganz links ist fast identisch mit dem Radar des FltGt63/69. Arbeitsplatz dahinter: Steuerung der Kamera? Der Steuerknüppel ist im Original gut zu erkennen.

Der Raum für die vielen Schiffs-Radare ist grösser und gleich hinter der Brücke.

Peder Skram, Kopenhagen, Bild Jens Frederiksen

Auf dem Schiff gibt es drei Oerlikon-Radarschirme: einer zentral vorne, zwei seitlich hinten (plus weitere, die ganz anders aussehen, ev. für spätere Harpoon). Es gibt somit noch zwei weitere solche Rechner. Die drei Radar-Anlagen bedienen vier Kanonen 40 mm: Mk M/48, v_0 ca. 1000 m/s, je ca. fünf Schüsse pro Sek, Bofors. Schiffs-Deckpläne 1964, Schiff operativ 1966-1988. Optische Ziel-Sucher hat es auch, die sich an Rechner und Radar ankoppeln lassen.

Schwester-Schiff: Herluf Trolle, F353. Von beiden Schiffen gibt es Vorgänger desselben Namens.



Erkundung des Schiffes: <https://samples.dr-clauss.de/pixplorer/pederskram/>

Flab-Radar-Räume auf oberstem durchgehendem Deck ganz hinten und im vorderen Teilabschnitt ebenfalls hinten, plus einmal (im Film weitgehend verdeckt) weiter vorne.

Das Contraves-Nachfolgergerät für Schiffs-Flab **SeaGuard** (ab 1978 entwickelt, seit 1987 im Einsatz) mit den Geschützen SeaZenith (4 x 25 mm, schräge Montierung erlaubt Schiessen in den Zenith) hatte bereits vier **Digitalrechner** zu 32 Bit.

Flab-Panzer Gepard

Ab ca. 1962 bei Contraves entwickelt, 1969 Prototyp.
 Produziert Serie ab 1976 bei Kraus- Maffei und Blohm + Voss, Siemens, Wegmann.
 Radar je nach Land unterschiedlich.

Die Entwicklung für die beiden Produkte **Skyguard** (Nachfolger des FltGt69) und **Flab-Panzer**, später Gepard genannt, beginnt ungefähr gleichzeitig. Skyguard erhielt dabei einen digitalen Rechner, den durch Contraves selbst entwickelten CORA II (**Contraves Rechen-Anlage**) - der Flab-Pz erhielt dagegen eine Neuausgabe des Analog-Rechners mit Drehwellen und Rechenkondensatoren. Warum das so gelaufen ist, weiss niemand so richtig, vielleicht je nach Personal oder Vorarbeit in den Entwicklungsabteilungen.

Der Analog-Rechner im Flab-Pz wurde völlig neu aufgebaut, transistorisiert, miniaturisiert – er arbeitet aber nach demselben Prinzip wie seit 1948. Ein Bild zum neuen Rechner ist in einer Werbebroschüre zu Contraves-Lenk Waffen gefunden worden. In Deutschland und wahrscheinlich in den meisten Ländern sind die Analogrechner bei späteren Modernisierungen durch Digital-Rechner ersetzt worden.



Suchradar rechts dreht dauernd (gibt Seitenwinkel), Folge-Radar links richtet sich auf das Flugzeug aus (gibt Höhenwinkel und Distanz). Freund-Feind-Erkennung.

420 Stück gehen an die Bundeswehr, 5 + 95 nach Holland, 55 nach Belgien.

Orientierung (Richtung, Lage) mit Kreiseln. Zwei Periskope zur optischen Erfassung, mit Joystick zu steuern. Später: Distanzmessung mit Laser. Zwei Munitionsarten. Kadenz: zweimal 550/Min.

Alles aus Wikipedia, Bild aus Internet.

Neuer Feuerleit-Rechner: Während alle bisherigen Rechner mit eindrücklichen Fronten und unzähligen Mess-Uhren prangten, sieht man im Flab-Pz beim Betrieb nichts mehr vom Rechner: es gibt keine Anzeige, keine Bedienung, der Rechner ist versteckt unter/hinter den Sitzplätzen, hinter Abdeckblechen. Der Betrieb des Rechners verläuft vollautomatisch und passt sich den Betriebszuständen des Panzers an. Noch den Wind, den Luftdruck und die Temperatur einstellen, vielleicht da und dort mal einen Knopfdruck, mehr nicht. Das Nord-System (Wind, Funk, Karte, Orientierung) und das Pz-System (schiefe, verkantet) kommen miteinander aus, werden laufend ineinander umgerechnet.

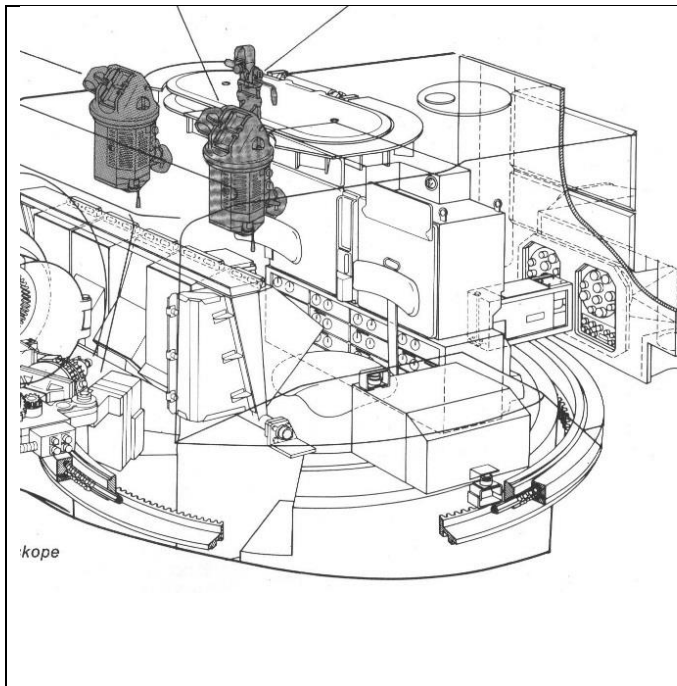
Personalbedarf Flab-Pz:
 1 Fahrer
 1 Radar + Periskop
 1 Geschütze + Periskop

Total 3 Mann für den ganzen Betrieb:
 Kanonen, Radar, FFE, Funk, Orientierung
 am Boden und Himmel.

Personalbedarf FltGt63/69
 Nach Reglement
 4 an FltGt
 7 an jedem Geschütz, macht 14 (ältere Geschütze 1963)
 2 Feuerleitung
 1 oder 3 optische Zielsuchgeräte
 2 Aggregat / Feuerleithilfe

Total 23 / 25 Mann für die ganze FE
 (ohne Funker, ohne Parallax-Rechner, ohne Ablösung)

Die Schweiz hat zwei Prototypen des FlabPz erhalten, hat sich aber nicht zu einem Kauf entschieden. Man hört: Der FlabPz hätte weder so recht zur Panzertruppe gepasst, noch zur bisherigen Fliegerabwehr, oder er sei einfach zu teuer gewesen.



Drehturm des FlabPz: Zwei Bediener sitzen möglichst nahe bei der Drehachse, damit sie schnelle Drehungen besser ertragen. Bildmitte: zwei Sitze, die Leute schauen nach links auf ihre Instrumente und nach oben in die beiden steuerbaren Periskope (grau). Falls die Köpfe an der Luft sind: leichter, viel schnellerer Zielzeiger, Daten werden elektrisch weitergegeben.

Der Rechner befindet sich unter / hinter ihren Sitzen, gemäss Zeitzeugen hinter Abdeckblechen versteckt – man hat nichts gesehen vom Rechner. Angedeutet sind die Schubladen mit je einer Variablen (siehe Abbildung des verkleinerten Rechners auf p. 22)

Bild Ref. 8

Zum Rechner des FlabPz:

Der FlabPz schießt auch bei schräg stehendem Fahrzeug. Suchen in holpriger Fahrt ist möglich, das Schiessen jedoch nicht, dazu muss er stillstehen.

Der Rechner prüft sich selber. Der mühsame «Quick-Test» am frühen Morgen ist vorbei.

Bei Überraschungen kann der Rechner auf «Notrechner» umgestellt werden, auch Backup-computer genannt: die Rechnung ist weniger genau, dafür schneller. Die Drehwellen per Motor nachzustellen und fein zu positionieren, braucht durchaus etwas Zeit – alles Unnötige (z.B. bei kurzer Distanz zum Ziel) wird deshalb aus dem Rechenvorgang herausgenommen. Die schnelleren Not-Rechnungen scheinen gut zur Hand-Führung durch die Periskope zu passen.

Der gegenüber der Super-Fledermaus **viel kleinere Analog-Rechner im FlabPz** scheint im Zusammenhang mit der Lenkwaffe RS E konstruiert worden zu sein, knapp belegt durch eine erhaltene Abbildung des Rechners in der LWf-Boden-Anlage (p. 23, alter Rechner), und durch den Wegfall eines ganzen Kommandowagens bei der Boden-Ausrüstung. Auch aus Ref. 3a geht ein Zusammenhang mit Lenkwaffen hervor. FlabPz-Rechner: grob geschätzt 1970 (?). Lenkwaffe Entwicklung RS_E: ab ca. 1960, aber damals noch mit dem grösseren Rechner.

Ab 1984 Kampfwertsteigerung in Deutschland, der Gepard wird zum Gepard 2: Einbau eines **digitalen Feuerleitrechners** – vorbei sind die motorisierten Drehwellen!

Der holländische Typ heisst «PTRL-Cheetah» - viele Funde dazu im Internet.



Normaler und verkleinerter Rechen-kondensator aus der Super-Fledermaus (links) und aus dem FlakPz (rechts). Deckel aufgeschnitten. Sichtbar ist die Hälfte eines Doppel-Kondensators, die zweite Hälfte liegt gleich dahinter.

Bild: Studer-Schweiz, er war bei Einführung, Ausbildung und Unterhalt/Reparatur des FlakPz in der BRD beteiligt. Auch bei der Super-Fledermaus wurden die kleineren Kondensatoren bereits verwendet, ev. wo es nicht auf allzu grosse Präzision ankam (Parallaxe).

Parallel-Entwicklung des digitalen Feuerleitrechners Cora der Contraves: Cora 1 1963 fertig, Cora 2 wird kleiner für Skyguard, Seaguard und Fieldguard: Rechner ca. 1970 fertig. Skyguard wird 1975/76 in der Schweiz beschafft, im Einsatz ab 1978. Cora 1 und Cora 2 arbeiten mit einem Kernspeicher (Fäden durch Ferrit-Ringli).

Raketen-Flab:

Bereits während des zweiten Weltkrieges hat man gesehen, dass die eigentliche Weiterentwicklung der Flugabwehr durch Lenkwaffen erfolgen wird. Die Treffer-Wahrscheinlichkeit der Kanonen-Flab ist zu gering. Die Firma Contraves hat drei Typen von grossen Flugabwehr-Lenkwaffen entwickelt (daneben auch zur Panzer-Abwehr, hier nicht besprochen). Die Entwicklung der drei Versionen lief verschachtelt nebeneinander her: Testflüge mit A – Gleichzeitig Konstruktion und Bau von C/D – daneben Gedanken und Vorversuche von E. Weil sich alle Typen laufend veränderten, war auch die Bezeichnung RSC-57 oder RSD-58 üblich (aktueller Typ im Jahr 1957 oder 1958).

RS A	ab ca. 1946-58	Triebwerk mit konzentrierter Salpetersäure und Kerosen (Aufwand für Laden / Entladen!) Steuerung mit Radar-Grobstrahl und -Feinstrahl
RS C/D	ab ca. ? Deckname «Tell»	Triebwerk mit konzentrierter Salpetersäure und Kerosen Steuerung mit Radar-Grobstrahl und -Feinstrahl. 1953: 25 (oder 50?) Stück RS_C in den USA ausgetestet, dort MX-1868 genannt, als «pre-production missiles». 1959 Flugversuche in Sardinien.
RS E	ab ca. 1959 bis nach 1968 Deckname «Kriens»	Eigenentwickeltes Feststoff-Raketentriebwerk. Erstflug 1964. Steuerung mit neuem Differential-Radar, bis 3 Lenkwaffen werden hintereinander im selben Strahl zum Ziel geführt. Von 1959-66 durch EMD-Vertrag finanziell unterstützt. Ab 1961 scheint für EMD ein Erstkauf nicht mehr in Frage zu kommen, es wird auf das Britische Produkt BL-64 «Bloodhound» gesetzt. Vielleicht dann für die zweite Generation...

Lenkwaffen:

		
<p>RS_A Zuhinterst fast keine oder gar keine Stabilisierungsflügel.</p>	<p>RS_C/D Steuerruder verschiebbar beim Schwerpunkt.</p>	<p>RS_E Steuerruder vorne, grosse Stabilisierer hinten, keine Strahlsteuerung mehr.</p>
<p>Heute in Full</p>	<p>Aus Ref. 2</p>	<p>Heute in Full</p>

RS_A hatte eine etwas schwerfällige, komplizierte Abschussrampe. Auf vier Führungs-Schienen (die sich von horizontal bis $\pm 50^\circ$ neigen lassen) sitzt ein Rahmen mit Zusatz-Winkel von ca. 30° , an dem die Rakete festgemacht wird. Zusätzlich lassen sich die massiven Vertikal-Pfosten um bis 90° nach hinten kippen. Das mag alles etwas mit dem Aufladen der Rakete zu tun haben. Einmal auf dem Rahmen festgemacht, lässt sich das Geschoss mit dem Trägerrahmen in den Führungsschienen in vorderster oder hinterster Position arretieren – aber nur wenn die Führungsschienen horizontal stehen: man muss die Rakete wohl von Hand verschieben. Seltsam... und unverständlich.

Typ A und Typ C/D hatten zusätzlich zu den Steuerflügeln eine Strahl-Schwenkung – solange das Triebwerk lief. Nachher wurden die Steuerbewegungen der Flügel verstärkt. Bei A muss die Strahl-Steuerung nur sehr klein gewesen sein, man sieht fast nichts – bei C/D dagegen kräftig. Die Steuerflügel bei C/D wurden entsprechend dem Treibstoff-Abbrand nach vorn geschoben, damit sie dem verschobenen Schwerpunkt entsprechen. E hatte keine Strahlsteuerung mehr, dafür ein Feststoff-Triebwerk (man muss keine konzentrierte Säure mehr laden und entladen! Auf dem Schiff wollte man so etwas überhaupt nicht).

Radar-Lenkung:

A und C/D: Ab Boden wird ein Radar-Grobstrahl und ein Feinstrahl dem Flugzeug nachgeführt. Die Lenkwaffe «horcht nach hinten» und steuert sich immer ins Zentrum des Strahles. Das Ziel selber wird durch die Lenkwaffe gar nicht beachtet. Der Grobstrahl dient nur dazu, dass die Lenkwaffe den Feinstrahl überhaupt findet. Grob- und Feinstrahl senden kontinuierlich, und sie rotieren schnell um die Verbindungsachse zum Flugzeug; daraus findet die Lenkwaffe selber die nötigen Korrektursignale – die aber noch verarbeitet werden müssen, wenn sich die Lenkwaffe um ihre eigene Längs-Achse dreht. Ein Annäherungszünder löst die Explosion aus.

Strahl-Rotation: Befindet sich die Rakete nicht exakt in der Mitte des Rotations-Kegels, spürt sie im Takt der Rotation jeweils ein stärkeres oder schwächeres Signal. Zusammen mit einem Synchronisations-Signal steht dann fest, in welcher Fehlposition sich die Rakete befindet. Siehe p. 24 ganz unten, Patent dazu.

E: Der Peiler zeigt beim Start anfänglich zur Lenkwaffe, nicht zum Flugzeug. Die LWf wird «abgeholt» und langsam in den Feinstrahl geführt. Peiler und Feinstrahl messen die LWf aus und errechnen daraus am Boden die nötigen Kurs-Korrektursignale, die zur LWf gesendet werden. Es gibt keine Strahl-Rotation mehr. Die LWf «sucht» nichts, sie führt nur noch die Steuersignale aus – selbst wenn sie noch langsam (ungewollt) um ihre Längsachse rotiert. Der Feinstrahl besteht aus einem aufwändigen Monopuls-Differentialradar, das heisst: Bereits nach einem einzigen reflektierten Puls weiss der Radar, wohin im Winkel zu steuern sei (es werden als Radarpulse vier im Winkel sehr nahe liegende Signale abgesandt). Differenzialradar: Mit elektronischem Distanzfenster trennt der Radar das Ziel und bis zu drei gleichzeitig fliegende LWf voneinander auf, rechnet die Steuersignale für alle drei Geschosse, und steuert sich selber (Radarschirm) dem Flugzeug nach.



Typ A: Feinstrahl im Bild links, Grobstrahl rechts nur winzig, ein kleiner Strahler (faustgross) ist schräg auf die Drehachse montiert (es fehlt wohl der Wetterschutz).

Museum Full



Typ C/D: Grobstrahl direkt nach vorne, Feinstrahl retour zum Spiegel. Drei Drehachsen. Kontinuierlicher Strahl, Rotation mit 100 Hz (2.7° resp. 20° breit).

Radar BBC Museum Full



Typ E: Keine Strahl-Rotation, sondern eine Kommandolenkung, d.h. die fertigen Steuersignale werden am Boden ausgerechnet. Radar (Albiswerk) überwacht Ziel und steuert bis zu 3 Lenkwaffen.

Herrmann Schild, Fliegerabwehr

Typ C/D: Durch ein Loch in der hellen Wetter-Abdeckung sieht/ahnt man **rotierende Teile** des Radar-Strahlers. Das ist dieselbe Technik, die man schon in Deutschland zur Zeit des Weltkrieges zur Strahl-Rotation benutzte, um damit automatisch dem Flugzeug zu folgen (z.B. bei Radar «Würzburg»). Telefunken-Patent 1937 (veröffentlicht 1952) zur Strahl-Rotation: <https://www.cdvandt.org/DE767460.pdf> (zusätzlich bei Würzburg: das Flugzeug orientiert sich am rotierendem Bodenstrahl, in welchem von vier Sektoren es gerade ist). – Bilder Typ C/D: Der Sender zum Feinstrahl geht nach rückwärts zum Hohlspiegel und ist in diesen Bildern nicht sichtbar.



Museum Full

 <p>Fliegerabwehr-Lenkwaffensystem RSC/D Oerlikon-Contraves, bestehend (v.l.n.r.): Leitstrahlensender, Suchradar, Doppelstartlafette, Kommandostation u Dieselaggregat.</p>	
<p>Gesamte Anlage C/D, Stand 1954. Der Leitstrahl-Sender links wird durch den Suchradar daneben gesteuert und auf dem Flugzeug gehalten. Die Lenkwaffen horchen nur rückwärts, um im Leitstrahl zu bleiben. Beim Typ E heisst der kleinere Radar auch Peiler oder direction finder.</p>	<p>Empfangsantenne hinten in den vier Flügeln der Version A. Beide Dipol-Hälften zusammen: ca. 6.3 cm = $\lambda/2$ von 2.4 GHz. Bei C/D und E sieht man die Antennen nicht, sie sind ev. trotzdem dort. Bei Sea Micon auch dort.</p>
<p>Museum Full</p>	<p>Museum Full</p>

Verkaufs-Möglichkeiten:

Keine dieser Contraves-Lenk Waffen konnte sich richtig durchsetzen (spätere See-Raketen ev. anders). Die Entwicklung war früh genug, anfangs ev. weltweit einzigartig. Tests erfolgten in Sardinien, Frankreich, USA, Oberalp. Kommerziell war es jedoch kein Erfolg. Eine einzige Schulungs-Batterie konnte nach Japan verkauft werden. Kurz vor dem dritten Besuch des äthiopischen Negus Negesti Haile Selassie in der Schweiz (ab 25.11.54) gab es grössere Werbung für die Lenkwaffen, Ausstellungen, Zeitungsberichte. Der Kaiser besuchte die Bührle-Fabriken in Oerlikon, hat offenbar keine Lenkwaffen gekauft; sie waren technisch noch nicht ausgereift.

Im Bundesarchiv lässt sich nachverfolgen (Ref. 10c), wie die Flab-Kommission der Armee im Jahr 1958 durchaus an der Entwicklung dieser Lenkwaffen im eigenen Land interessiert war – allerdings zunehmend irritiert darüber, dass sie nie an Versuchen teilnehmen durfte und immer nur mittels Papieren informiert wurde.

Am 31.12.1959 wurde ein **Vertrag** zwischen KTA (Kriegstechnische Abteilung), Oerlikon & Co. und Contraves AG abgeschlossen zur Entwicklung einer Feststoff-Rakete Typ E, unter Bundesbeteiligung von 29 Mio. SFr (rückwärts, bisherige Entwicklung) und 12.7 Millionen SFr. (zukünftig) und komplizierten Stundenansätzen, mit technischen Wünschen / Bedingungen, und einem Zeitprogramm für RS C, D und E bis 1962. Der Vertrag wurde im März 1966 wieder aufgelöst.

Ab 1961 wird im EMD klar: Die Schweiz wird die Contraves-Raketen nicht als erste Lenkwaffen anschaffen – vielleicht später als Zweit-Anschaffung. Etienne Primault (Kdt Flieger- und Flabtruppen) spricht dies schon am 13.11.58 aus, in einem Brief an den Generalstabschef (Bundesarchiv). 1961-1963 erfolgt im Parlament das Bewilligungs- und Beschaffungsverfahren für das Konkurrenz-Produkt Bristol BL-64, für Bauten und Einrichtungen der Lenkwaffenstellungen, sowie für die 35mm-Kanonen-Flab.

Zielvorgang und Steuerung:

RS_A und RS_C/D:

Ein Radar-Grobstrahl (sehr breit, damit er beim Start sicher gefunden wird) und ein enger Feinstrahl werden vom Boden aus immer auf das Flugzeug gerichtet – die Radar-Keulen rotieren allerdings um die Verbindungslinie, damit sich die Lenkwaffe orientieren kann und ihren eigenen Positions-Fehler «sieht». Die Lenkwaffe steuert sich selber immer ins Zentrum des rotierenden Strahles, bis sie das Flugzeug trifft (oder der Näherungszünder anspricht).

Die Strahl-Rotation ist analog zur Flugzeug-Verfolgung durch die Fledermaus – aber zeitlich waren die Lenkwaffen früher. Beim Einflug in den Grobstrahl bei Abschusswinkeln von weniger als 30° über Horizont gab es Probleme infolge von Reflexionen des Grobstrahles am Boden. Es sind mehrere Patente darüber angemeldet worden, wie der Übergang vom Grobstrahl zum Feinstrahl zu lösen sei, damit das nicht hin- und her pendelt.

Es wird somit **kein zukünftiger Treffpunkt** ermittelt (wie man es sich bei der schweren Kanonen-Flab gewohnt war). Die Zielrichtung orientiert sich immer am Leitstrahl, der (rotierend) stets «zum Flugzeug» zeigt, was beim Anflug eine aufwärts-gekrümmte Flugbahn der Lenkwaffe ergibt. Das ist relativ einfach, aber vom Flug her nicht ganz günstig: die BL-64 steigt zuerst auf grosse Höhe, wo der Luftwiderstand geringer ist. Umgekehrt ist es von Vorteil, dass die Lenkwaffe nur «nach hinten» suchen muss und keine durch die Reflexion am Flugzeug stark abgeschwächten Radarsignale auszuwerten hat. – Da sich der Leitstrahl bewegt, und die Lenkwaffe diese Seitwärts-Bewegung mitmachen muss, zeigt die Spitze der Lenkwaffe nicht genau zum Flugzeug.

RS_E:

Die Steuerung ist ganz neu konzipiert worden. Ein Monopuls-Differentialradar folgt selber dem Flugzeug und errechnet simultan die fertigen Steuersignale für insgesamt drei hintereinander fliegende Lenkwaffen auf dasselbe Ziel. Die Rakete führt nur noch aus, was ihr befohlen wird, sie sucht selber nichts mehr. Prinzip Monopuls-Radar: Bereits nach einem einzigen empfangenen Echo-Puls weiss die Anlage, wie der Flugzeugbewegung nachzufolgen ist (z.B. mit vier simultanen, leicht schielenden Sendern, das ersetzt die Strahl-Rotation). Differentialradar: Ein elektronisches Distanz-Fenster zu jeder Lenkwaffe und zum Ziel trennt die entsprechenden Raketen-Echos, die je separat verarbeitet werden.

Vermutung, ohne direkten Beleg: Das etwas jüngere System RS_E mit miniaturisiertem Rechner wird «Micon» genannt. LWf und Starter scheinen gleich auszusehen, aber neu wird nur noch ein grosser Kommandowagen benötigt – beim älteren RS_E waren es deren zwei. Hilfsradar: Beim jüngeren «Micon» wird neben dem grossen Differentialradar nur ein «direction finder» benötigt, um die LWf in den Strahl zu führen, beim älteren RS_E waren es zwei oder drei «Peiler». Die Steuerungs-Signale zu den bis drei LWf auf dasselbe Ziel erfolgte durch Strahlungs-Modulationen des Differentialradars, nur gerade beim Start wurden die kleineren Peiler oder direction finders benötigt.

Oder vielleicht war es auch so: In der Schweiz hiessen alle Versionen RS_E (oder «Kriens»), für die Exportversionen wurde der Name «Micon» gebraucht.

Was man zu den Rechnern der Lenkwaffen weiss:

RS_A und C/D: Auf der Lenkwaffe fliegen Drehwellen-Rechner mit. Zur Bodenstation sind keine Informationen gefunden worden (den Feinstrahl auf dem Flugzeug zu halten, braucht kontinuierliche Regelung, wahrscheinlich durch Umrechnung vom Suchradar her, Bild p. 18).

RS_E Bodenstation früh: Aus einem Werbefilm (Ref. 4) genügt ein Blick in die Rechnerzentrale: Das ist ganz klar Fledermaustechnik! Deshalb fast zwingend: Auch die Bodenstationen von A und C/D werden dieselbe Rechentechnik gebraucht haben.

RS_E Bodenstation später: Der Rechner ist stark umgebaut, transistorisiert und verkleinert worden, funktioniert aber immer noch mit Rechenkondensatoren (Bild mit einer geöffneten Rechenschublade folgt unten, p.22). Statt zweier grosser Wagen mit Steuerungs- und Kommandotechnik genügt nur noch ein einziger Zweiachs-Wagen.

RS_E mitfliegend: Keine Informationen. Die Lenkwaffe muss fixfertige Steuerinformationen vom Boden her ausführen – sie sucht selber nicht.

Rechenvorgang auf der Rakete, Version C/D (und wohl auch Version A): Es gibt **fünf mechanische Drehwellen** – Doppelstriche in der Zeichnung – für folgende Variablen:

Zeit ab Start / Eigen-Rotation der LWF um die Längsachse / Stellerruder-Vorschub (die Flügel müssen nahe beim Schwerpunkt liegen, Treibstoff-Verbrauch bedingt Verschiebung) / Steuer-Ausschlag für jedes Stellerruder-Paar. Schubstrahl-Steuerung ev. direkt gekoppelt an Flügel ?

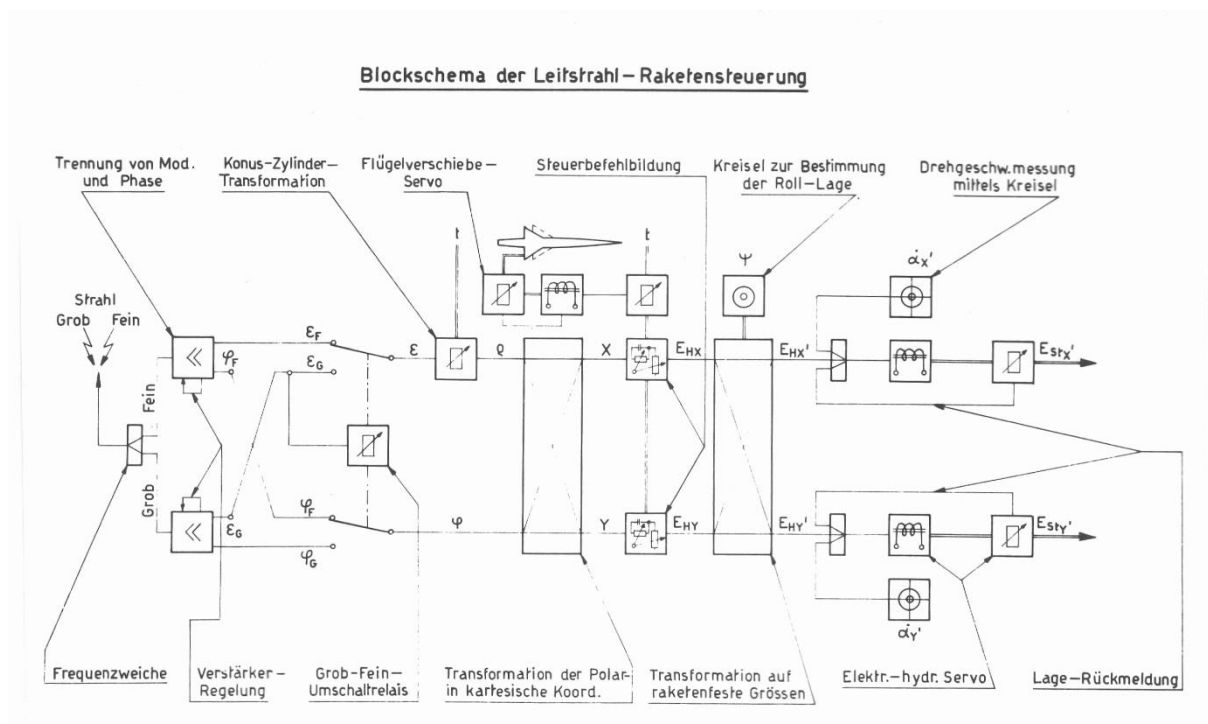


Bild: Ref. 2

Erklärung, von links nach rechts:

Zuerst werden die beiden Frequenzen von Grob- und Feinstrahl auf zwei unterschiedliche Empfänger aufgeteilt: «Frequenzweiche». Jeder Empfänger liefert aus den wechselnden Signalen (Rotation des Strahles, Fehlstellung der Rakete) zwei Grössen: Unterschied

Minimum zu Maximum (Abstand von der Zentralachse), und eine «Phase», einen zeitlichen Abstand zu einer festen Marke des rotierenden Senders, z.B. ich bin jetzt «zuoberst».

Eine Auswertung schaltet vom Grobstrahl zum Feinstrahl um, falls die Rakete nahe genug beim Zentrum liegt. Juristische Patente befassen sich mit dieser Umschaltung: es darf nicht hin und herschwingen.

Die Falsch-Position «wie viele Winkelgrad neben der Zentralachse» (und Phase) wird umgerechnet zur Position «X resp. Y Meter rechtwinklig neben der Achse zum Ziel», in der Zeichnung X und Y. Dazu wird die bisherige Flugzeit als Mass für die Entfernung vom Start genommen. Eine weitere geometrische Variable braucht es nicht, da der Radar-Rotationswinkel fest und bekannt ist, und das Verhältnis von Max zu Min des Signales die Abweichung von der Zentralachse ergibt (das gibt die Winkelgrad). Zur Phase: vgl. p. 24 zuunterst.

Daraus werden Steuerausschläge berechnet, wie stark sich die Steuerflügel verstellen sollen: E_{Hx} und E_{Hy}

Die Rakete hat sich aber ev. um ihre Längsachse gedreht, die Wirkung der Steuerflügel beginnt sich zu mischen. Die beiden Flügelpaare stehen nicht mehr in den raumfesten Richtungen X und Y. Die gewünschte Endwirkung wird jetzt richtig verteilt auf die momentane Raumlage der Flügel. Eigenart aller Contraves-Lenk Waffen: die beiden zusammengehörenden Steuer-Flügel sind mechanisch fest gekoppelt und machen immer dieselbe Bewegung. Bei der BL-64 dagegen kann ein Flügel «aufwärts» fahren, der andere «abwärts», wodurch eine Rotation ermöglicht resp. verhindert wird. – Am Schluss wird die gegenwärtige Raketen-Drehgeschwindigkeit (Kurvenflug) noch zugemischt und beeinflusst den Steuer-Ausschlag – und das alles bei beliebig längs-rotierender Rakete!

>>> Die Umrechnung von Raum-fest X Y zu Raketen-Flügel-bezogen (gekreuztes grosses Rechteck rechts) und auch die Umrechnung von Polar-Abweichung zu XY-Abweichung (grosses Rechteck links) **ist die gleiche Aufgabe, die schon auf p. 4 gezeigt wird** – das ist mit zwei trigonometrischen Kondensatoren zu vier Sektoren simultan zu lösen!

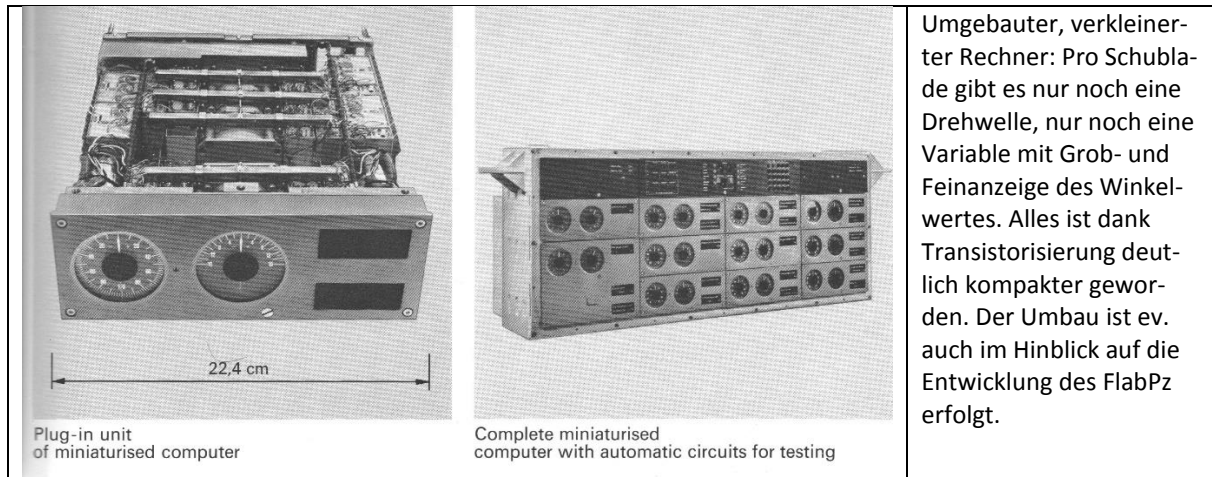


Version C/D, Blick ins Hinterteil: Die Drehachsen der beiden Steuerflügel-Paare liegen hier vertikal und horizontal. Die Paare werden durch die Ringe immer gleichsinnig verdreht: eine Korrektur gegen eine Rotation der Rakete (ein Flügel aufwärts, einer abwärts) gibt es nicht.

Ob die Schiefstellung der Strahlachse auch mit diesen schweren Ringen erfolgt, oder ob es vorne weitere Vorrichtungen zur Auslenkung gibt, ist noch unklar. Ab Brennschluss steuern allein die Flügel. Man hat versucht, ab diesem Zeitpunkt die Bewegungen der Flügel zu verstärken, weil das bei der Version A nicht ganz genügt hat.

Militärmuseum Full

Es folgt die Abbildung des **stark verkleinerten und transistorisierten Rechners** für eine spätere Version der Lenkwaffe Typ E, genannt «Micon», in der Boden-Installation:



Bilder aus Ref. 3a

Wichtiges Bild bei knappen Informationen: Das typische **Zusammenschrauben des Kondensator-Stapels** ist markant und zweifelsfrei zu erkennen. Grob- und Feinskala passen auch gut. Dank diesem Bild lassen sich zahlreiche Abbildungen mit weniger klarer Information auch als «Analogrechner mit Drehwellen-Kondensatoren» identifizieren. Verwendet werden durchwegs die kleineren Kondensatoren (s. Bild p. 15). Und dann auch noch: Typische frühe Digitalrechner sahen nun wirklich nicht so aus!

Vorbehalt:

Es sind zwar schriftliche Unterlagen gefunden worden – aber ob die denn stimmen? Bei früher Contraves-Propaganda zu den Lenkwaffen C/D (Ref. 2) wird ein Rechner abgebildet, der mit Lenkwaffen gar nichts zu tun hat. Man hat keinen Lenkwaffen-Rechner zur Hand, der Termin drängt wegen Kaiser-Besuch – also bildet man halt einen Kanonen-Rechner ab. Dank scharfer Original-Foto, bei der sich die Beschriftung in holländischer Sprache mit der Lupe entziffern lässt (Vuurleidingtoestel), steht dieser Propaganda-Kniff zweifelsfrei fest. So ein Trick könnte auch mit dem miniaturisierten Rechner geschehen sein: er könnte fast eher aus dem Panzer stammen. Die zehn gleichen Schubladen stimmen überein mit den zehn Variablen im Panzer, die mechanisch in Drehwellen nachgeführt werden. Andererseits ist im Werbefilm bei der Version E ein grosser Zweiachs-Steuerwagen weniger als am Anfang gebraucht worden – ein kleinerer Rechner wird deshalb auch verwendet worden sein. Die Lenkwaffen waren wohl etwas früher als der FlabPanzer. Bild Pz mit Rechner: p. 14.

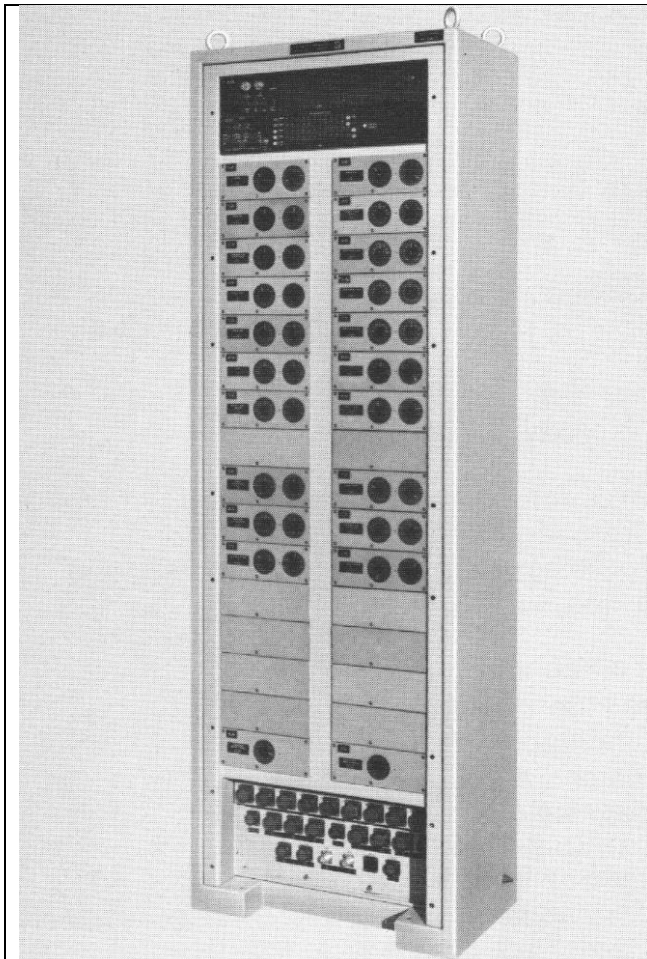
Rechner-Wagen **Version E**, frühe Phase mit grösserem Rechner, aus dem Film Ref. 4. Links und rechts sind Rechengeräte, sieht aus **wie bei der Fledermaus**. Daneben gibt es zu dieser Zeit noch einen gleich grossen Kommandowagen.

Aufgaben: diverse Umrechnungen von der Abteilung zur Feuereinheit, Parallaxen, der Peiler führt die Lwf ab Start in den Feinstrahl und rechnet anfänglich die benötigten Steuerkorrekturen für die Lwf (die nur noch ausführt, was ihr gesagt wird, kein eigenes Suchen mehr), ev. Kompensation Wind.



Spätere Lenk Waffen für Navy-Zwecke:

Ref. 1: «Grössere Aufträge im Marine-Sektor» 1967

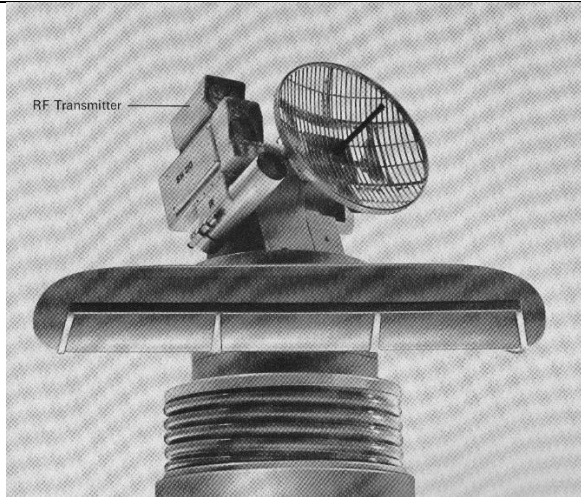


Umgebauter und verkleinerter Drehwellen-Rechner für **Sea Hunter Fire Control System**:

Auf dem Schiff sind die Rechner immer etwas grösser. Das hat mit den Schiffsbewegungen bei hohem Seegang zu tun, die natürlich laufend herausgerechnet werden müssen – und dann gibt es auch keine zwingenden Platz- und Gewichtsbeschränkungen wie bei der Boden-Flab, um einen mobilen Stellungsbezug mit Lastwagen zu ermöglichen. Im Schiff bleibt immer alles fest und unveränderlich angeschraubt.

Zusammen mit dem Bild eine Seite höher oben: Das sind die **einzig gefundenen Bilder** des neuen, verkleinerten und transistorisierten Drehwellenrechners!

Bild Ref. 3c: Sea Hunter Fire Control Computer with built-in automatic system tester.



Ein Rätsel wird hier bei **Sea Micon** sichtbar. Bei den nicht-selbstsuchenden Typen (z.B. Typ E) werden die Steuerbefehle über Funk vom Boden zur Lenkwaffe gesendet – aber wie genau? Direkt über den Beam-Riding-Strahl? Auf diesem Schiff-Radar sitzen seitlich neben dem Beam unten eine IR-Kamera für den Fall von Radar-Störungen (früh!? Ohne N₂-Kühlung), in der Mitte eine Video-Kamera und **oben ein RF-Transmitter**. Im Originalbild ist etwas wie ein **Spiegel** im RF-Transmitter zu sehen. Hat er einen Durchmesser von 15 cm, und die Wellenlänge müsste Faktor 5 darunter liegen, gäbe das Frequenzen um die 10 GHz.

Bild Ref. 3b



Zuoberst der RF-Transmitter: ein vorstehender Primärstrahler, und dahinter sieht es wie ein kleiner Reflexions-Spiegel aus?

Umgekehrt argumentiert: Das **muss** ja ein Spiegel sein, denn eine kleine, rotierende Dipol-Antenne ohne jeden Spiegel gibt doch in 20 km Entfernung gar keinen rotierenden Strahl? Das Argument gilt hauptsächlich für Bild unten, da **muss** der Strahl rotieren! Ein Strahl für Steuerkommandos allein muss ev. nicht rotieren.

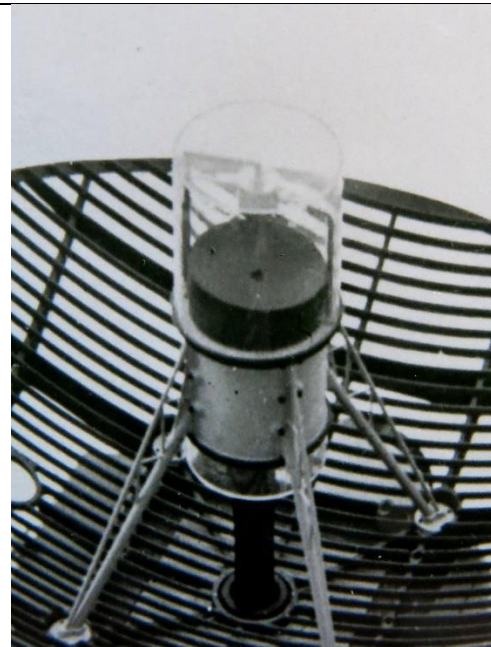
Bild Ref. 3c

Ähnlicher Eindruck:

Bei der Lenkwaffe vom Typ RS_C/D wird der Grob- und der Feinstrahl ab demselben Gerät abgesandt: Grobstrahl direkt nach vorne, Feinstrahl mit anderer Frequenz rückwärts über den grossen Hohlspiegel (Bild p. 17 Mitte). Im Museum Full ist dieses Gerät erhalten, mit (seit 1958) milchigem Wetterschutz. Ev. Blickschutz?

In Ref. 2 ist der Grobstrahl-Sender durchsichtig abgedeckt (und wahrscheinlich noch leer, die strahlenden Elemente fehlen); im Originalbild (Ref. 2 und BAR, Bericht Dr. J.P. Keller KTA vom 9.1.56) glaubt man zuvorderst auch einen Hohlspiegel zu erkennen, genau wie beim Sea Micon – sieht aus wie ein Radarspiegel im Damen-Handtaschen-Format? Ist's denn möglich?

Bild: Ref. 2 (1954) und BAR



Im Patent CH303844 (1951/1954) sieht / ahnt man, wie beim rotierenden Leitstrahl (RS_A, RS_C/D) zusätzlich zur schwankenden Amplitude (infolge Fehlposition der Lenkwaffe) auch

eine Information zur Phase übertragen wird, um zu entscheiden, wo genau im Raum die höchste oder schwächste Amplitude empfangen wird. Das ist für die Steuerbefehle unerlässlich. Dort wird gesagt, es komme eine «Ultrahoch-Frequenz» zum Zug, was das auch heissen mag. Gab es 1954 (Ref. 2) oder 1965 oder 1970 Transistoren oder Röhren, die so schnell schalteten? Erwähntes Patent: Die Intensität des rotierenden Radarstrahles wird zusätzlich pro Umlauf mit einer schnelleren bis viel schnelleren Pulsfolge FM-moduliert, und durch Vergleich des schwankenden Rotations-Signals mit der schnelleren Schwingung wird bestimmt, wo sich die Lenkwaffe im Strahlkegel befindet. – Das bezieht sich auf den rotierenden Leitstrahl (z.B. RS_C/D), in den sich die LWf selber steuert, und nicht auf die Kommando-steuerung wie bei RS_E.

Es gibt eine Vielfalt von weiteren Lenkwaffen-Typen aus dem Hause Contraves! Während Micon gemäss Film so aussieht, als sei es einfach ein anderer Name der bisherigen RS_E, hat sich bei der Sea Micon etliches verändert – es ist fast eine Neukonstruktion:

	Micon oder E	Sea Micon
Aufgabe	Boden-Luft	Schiff-Schiff
Steuerflügel	Vorne gross Luft hoch ist dünn	Vorne sehr klein Luft tief ist dicht
Brenndauer	25 sec	110 sec
Geschwindigkeit	900 m/sec max	300 m/s < Schallgeschw.
Flughöhe	max. 22 km	3 ... 5 m über Wellenbergen
Reichweite	3 ... 35 km	4 ... 30 km
Sprengkopf	70 kg	250 kg
Startgewicht	800 kg	780 kg

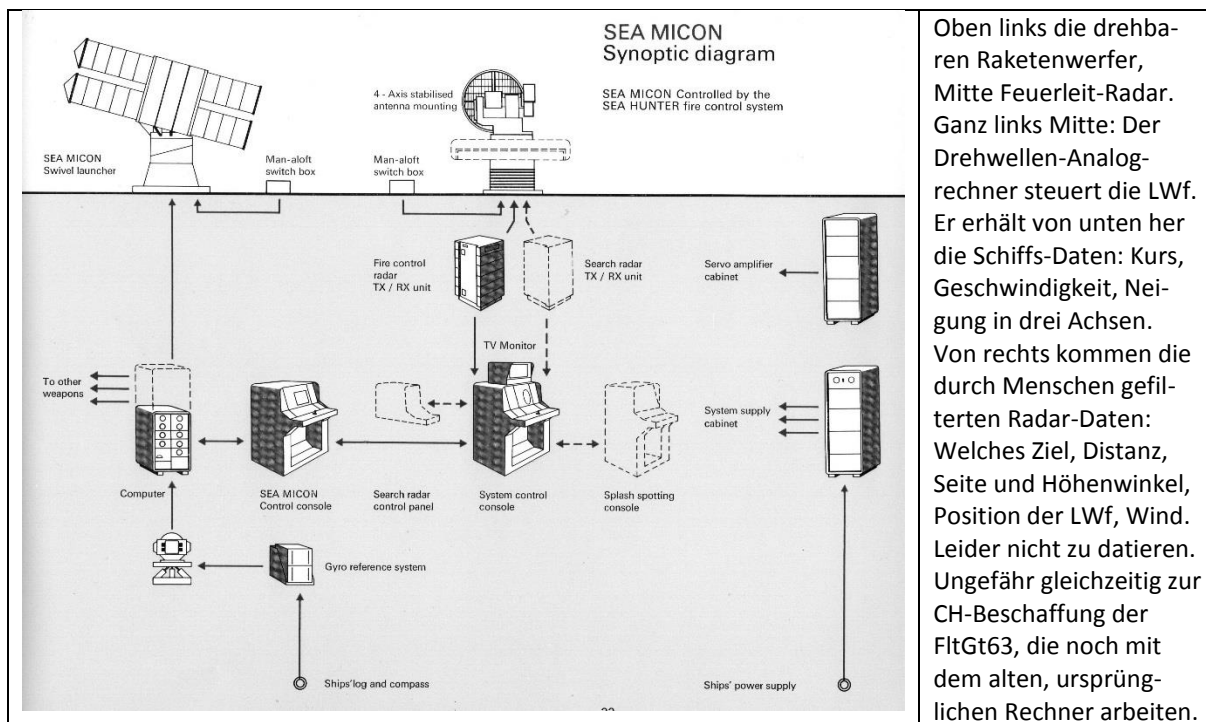
Sea Micon darf nicht mehr um die Längsachse rotieren – für den sicheren Tiefflug hat sie unten zwei **Radar-Höhenmesser**, und die dürfen ja nicht seitlich oder nach oben messen. Die Steuerflügel müssen vollständig umkonstruiert worden sein mit parallelen **und** gegenläufigen Bewegungen, es sind aber immer noch vier Steuerflügel (canard) und vier hintere Tragflächen-Flügel. Ganz vorne hat Sea Micon einen Lufteinlass für eine Turbine.

Sea Micon hat in der Spitze weder einen Radar-Empfänger noch eine Kamera. Sie reitet auf einem Steuerstrahl, kombiniert mit Radar-Höhenmesser und Radio-Korrekturen vom Schiff her (auch optische Führung ab Schiff-Kamera bei Elektronik-Störungen, oder joy-stick von Hand) – das gibt für die Schiffsrechner viel zu tun. Es können mehrere Geschosse hintereinander abgefeuert werden.

Einbettung der LWf Sea Micon in das Sea Hunter Feuerleitsystem für das ganze Schiff

Nach Ref. 3b):

In anderen Zeichnungen sind auch noch die Kanonen am Feuerleitsystem angeschlossen und eingezeichnet: 35 mm Oerlikon twin oder 76 mm Oto Melara. Eine See-Kanone 35 mm Oerlikon twin steht im Museum Full.



Oben links die drehbaren Raketenwerfer, Mitte Feuerleit-Radar. Ganz links Mitte: Der Drehwellen-Analogrechner steuert die LWF. Er erhält von unten her die Schiffs-Daten: Kurs, Geschwindigkeit, Neigung in drei Achsen. Von rechts kommen die durch Menschen gefilterten Radar-Daten: Welches Ziel, Distanz, Seite und Höhenwinkel, Position der LWF, Wind. Leider nicht zu datieren. Ungefähr gleichzeitig zur CH-Beschaffung der FltGt63, die noch mit dem alten, ursprünglichen Rechner arbeiten.

Es gab viele weitere Typen, Nachfolger, Abkömmlinge:

Indigo: Boden-Luft-Lenkwaaffe, Projekt mit **Indien**, ab 1962:

https://en.wikipedia.org/wiki/Project_Indigo

By 1976, after ... series of tests made in Sardinia, the first version of the weapon (the towed land model) was fully operational.

Indigo and Sea Indigo:

<https://www.globalsecurity.org/military/world/europe/indigo.htm>

Sea Indigo: Ship to air (and ev. ship to ship) 3.1 m 110 kg slant 9 km high 6 km

Sea Killer Mk. 2: Ship to ship, very low flight altitude 4.5 m 290 kg 20 km

Zu Sea Killer und Umgebung und Nachfolger-Typen findet sich hier etwas:

https://en.wikipedia.org/wiki/Sea_Killer#/Marte#Development_and_design

Anderswo: «Als letzter Betreiber stellte der **Iran** die Sea Killer im Jahr 2012 außer Dienst.»

Zum Sea Hunter fire control radar, Contraves, 1968/69, Ref. 3c): An **Libyen Navy** geliefert, auf ähnlichem Schiff wie **Iranian Navy**:

https://en.wikipedia.org/wiki/Libyan_frigate_Dat_Assawari

Gemäss folgender Adresse wurde Sea Hunter **in fast 100 Schiffen** eingebaut:

<https://www.usni.org/magazines/proceedings/1970/march/missile-armed-fast-patrol-boat>

Auch zu Sea Killer ist hier etwas zu finden.

Bis zum Tode von Emil Georg Bührle (1956) sind die Lenkwaaffen über die MFO = Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon gelaufen, erst danach über Contraves. ABB / BBC-Archiv, Direktionsprotokolle.

Exkurs I – hier verlassen wir kurz die Contraves-Welt:

Lenkwaffen-Navigation bei der Bristol Bloodhound, in der Schweiz BL-64 genannt.

Die Bristol- und die Contraves-Lenkwaffen standen in Konkurrenz zueinander, als es darum ging, in der Schweiz eine Nachfolgelösung für die schwere Flab (7.5 cm) zu finden.

Vergleich, mit einer Dimension weniger: Der Steuermann eines Schiffes sieht ein weiteres Schiff voraus, mit annäherndem Kollisionskurs. Die **Proportional-Navigation** sei tatsächlich auf dem Meer entwickelt worden, um Kollisionen zu vermeiden. Die Lenkwaffen umgekehrt wollen genau diese Kollision erreichen.

Der Steuermann hat jederzeit zwei Grössen zur Verfügung:

- a) eigener Kompasskurs und daraus abgeleitet die eigene Kompass-Drehgeschwindigkeit
- b) Sichtwinkel zum anderen Schiff, gemessen ab eigenem «geradeaus», und auch dessen Drehgeschwindigkeit.

Der Sichtwinkel zum anderen Schiff und seine Zunahme / Abnahme hängt von beiden Schiffsgeschwindigkeiten ab, von der gegenseitigen Distanz, von beiden Kursrichtungen.

Auftrag an den Steuermann:

«Halte die eigene Kompass-Drehgeschwindigkeit (also den Ausschlag des Steuerruders) immer exakt dreimal so gross wie die scheinbare Drehgeschwindigkeit des Sichtwinkels zum anderen Schiff» - so kommt es garantiert zur Kollision.

Der Faktor drei kann auch etwas anders gewählt werden, mit einem festen Wert zwischen zwei und fünf. Je nach diesem Wert wird es am Schluss zu mehr oder weniger hohen Werten für die Beschleunigung kommen. – Womöglich werden konstante Werte für die Bahngeschwindigkeit der beiden Partner vorausgesetzt.

Die Lenkwaffe BL-64 wird zuerst mit den vier Booster-Raketen in grosse Höhen geschossen, wo die Luft dünner ist (das gibt grössere Reichweiten). Erst dann wird das Flugprogramm eingeleitet, genau wie beim Schiffs-Steuermann – allerdings mit einer Dimension mehr (auf/ab und links/rechts). Es wird also kein zukünftiger Treffpunkt errechnet, was bei Flugmanövern des gegnerischen Flugzeuges auch nicht möglich wäre, oder laufend verändert werden müsste. Vielmehr wird ein jederzeit optimierter Kurs gefahren – bis es zum Treffer kommt oder der Annäherungszünder auslöst. Der «Sichtwinkel zum anderen Schiff» wird bei BL-64 mit dem beweglichen Radarschirm in der Raketen-Spitze ausgemessen, die eigene Drehgeschwindigkeit sicher mit Kreiseln.

Wie weit die Rechen- und Regelleistung auf der Lenkwaffe sitzt, oder eher in den Rechnern der Bodenstation erfolgt, wurde nicht untersucht. Die Bodenstation hat enorm grosse Rechner (Ferranti) – jemand hat gesagt: «Ein Rechner, in dem man herumwandeln kann».

Proportional-Navigation: In den folgenden beiden Bildern wird ein mathematisch simulierter **Flugweg** der Lenkwaffe gezeigt, wenn das Ziel keine Kurven fliegt, sowie die resultieren-

den seitlichen **Beschleunigungen** – bei zwei Versionen der Proportionalnavigation. Die Rakete beginnt den Anflug (nach dem anfänglichen Aufstieg in dünnere Luftschichten) etwas höher als das Flugzeug, mit 20° Anfangsfehler, d.h. sie zielt anfänglich zu tief.

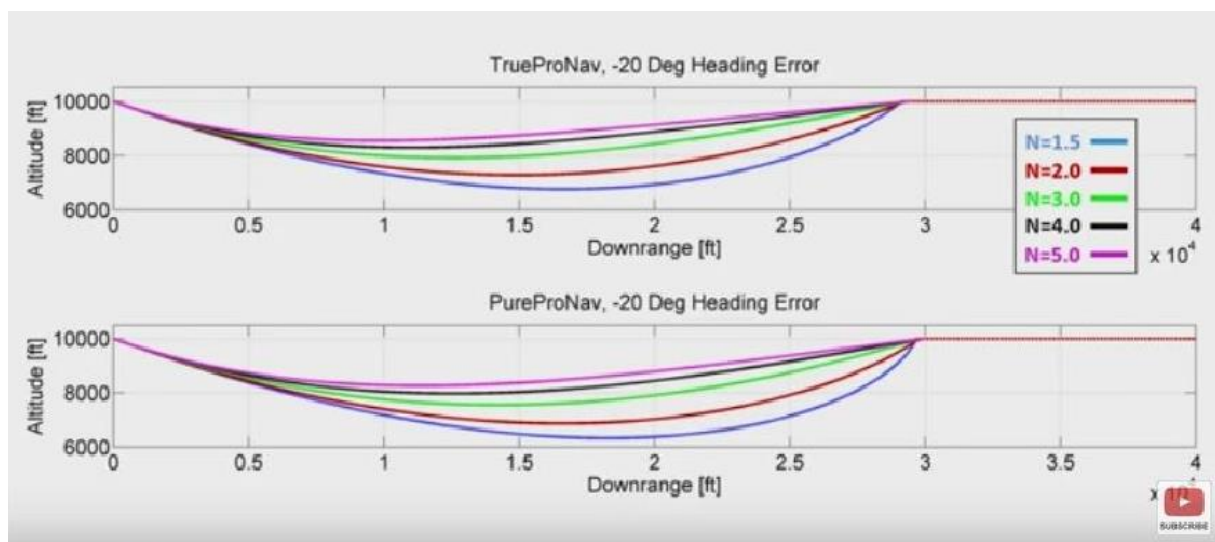
Folgende Bilder aus: <https://www.youtube.com/watch?v=8Dsmh5hLtrE>
 ab Minute 7' (Weg) resp. ab 9'13'' (Beschleunigung)

Details der beiden gezeigten Varianten der Proportional-Navigation:

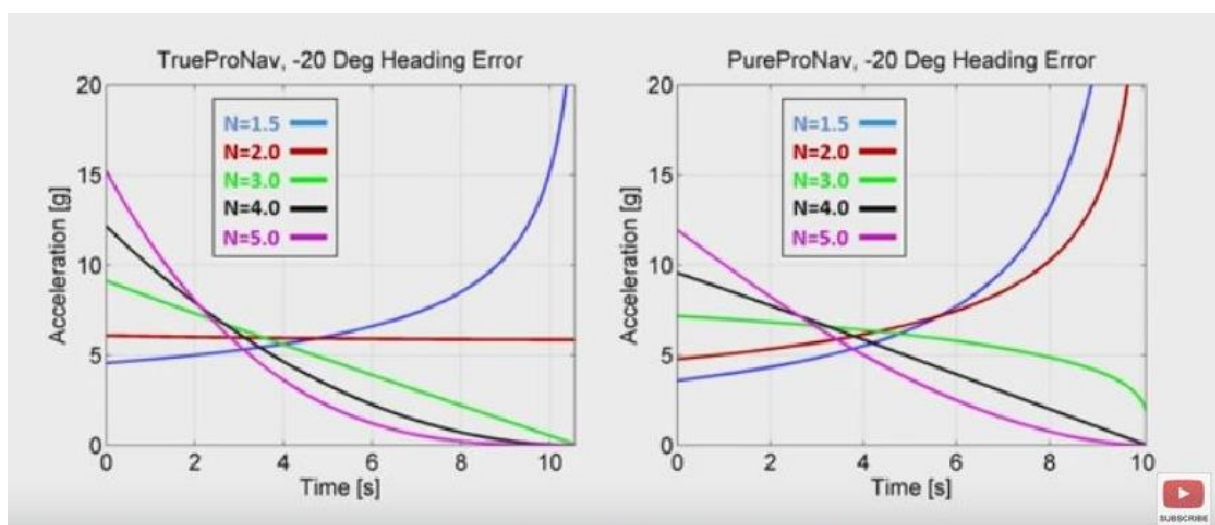
True Proportional Navigation: Beschleunigung steht rechtwinklig zur Sichtlinie zum Ziel (das geht nicht gut, da würde ja ein Triebwerk-Stoss oder eine Bremsung benötigt ?? LWF würde dadurch langsamer oder schneller).

Pure Proportional Navigation: Beschleunigung steht rechtwinklig zum Geschwindigkeitsvektor der Lenkwaffe

Flugweg, bei unterschiedlich gewählten Proportionalitäts-Konstanten:



Auftretende **Quer-Beschleunigung** (allzu grosse Werte werden die Rakete zerreißen):



Exkurs II Flug-Stabilität von Lenk Waffen

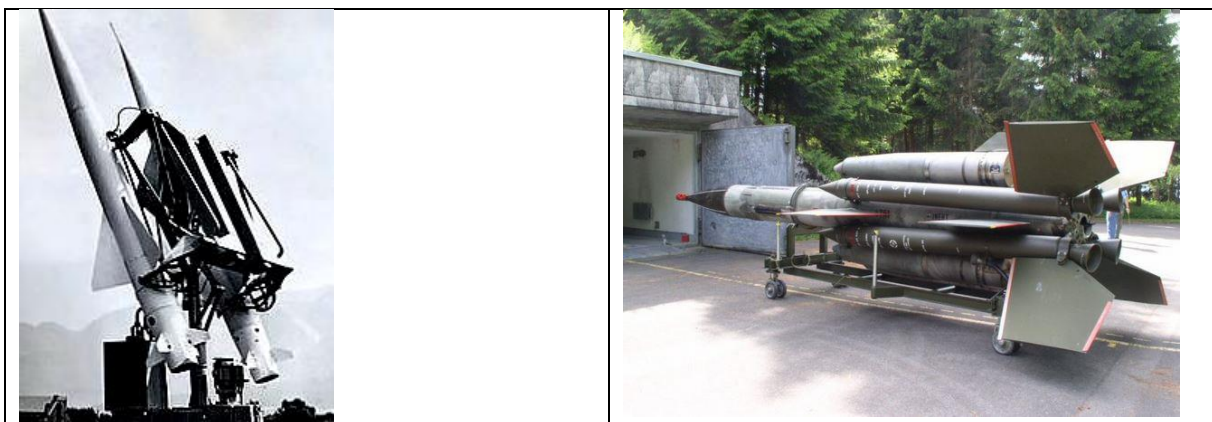
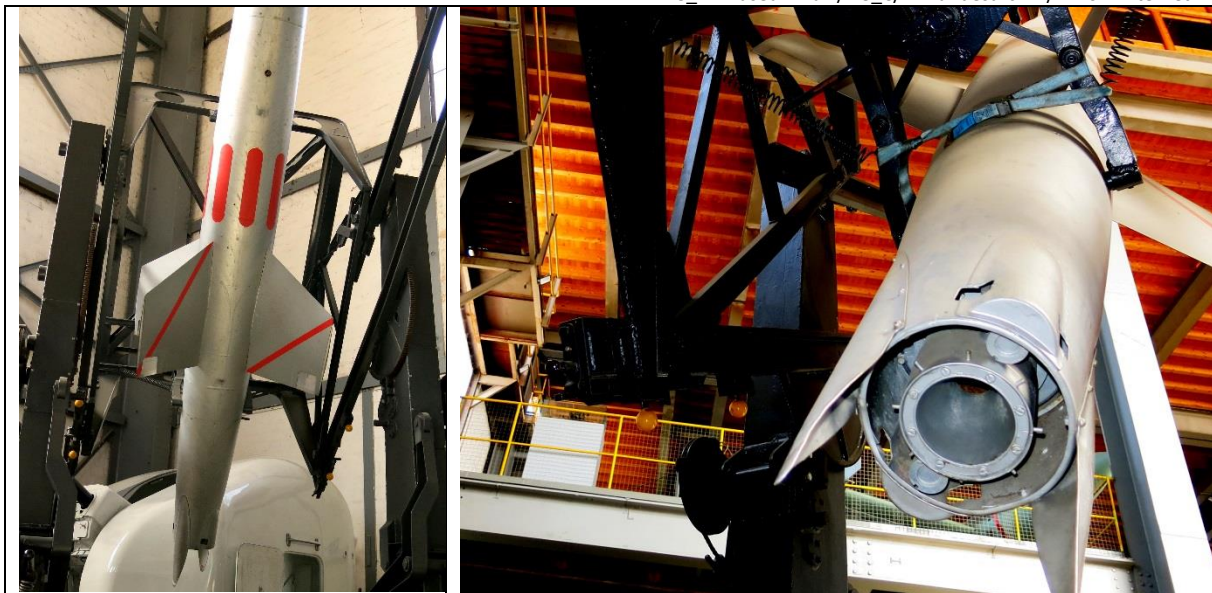
In allen Contraves-Unterlagen und in den durchsuchten militärischen Stellen des Bundesarchivs wurde vergeblich gesucht nach Angaben zur **Flugstabilität der Lenk Waffen**.

Problem: Der jugendliche Forscher vermutet, dass die 1. August-Rakete höher steigen würde, wenn man den Holzstiel verkürzt oder ganz weglässt, das ist doch nur unnötiges Gewicht. Uiii – das war aber gefährlich! Es hat zum Glück keinen Unfall gegeben damals, aber wieso wirbelt die Contraves-Lenk Waffe nicht wild in der Luft herum, da sie doch (zumindest am Anfang, Typ RS_A) genau gleich aussieht wie eine 1. August-Rakete ohne Holzstiel ?

Bilder oben: RS_A hat praktisch gar keine Heck-Stabilisatoren (dafür eine geringe Schubsteuerung, solange das Triebwerk läuft). Die Heck-Antennen (vgl. p. 18) sind in den Flügecken sichtbar.

Bilder unten: Links frühe Form von RS_C/D mit winzigen Heck-Stabilisatoren, später werden sie größer. Die BL-64 dagegen hat beim Start sechs riesige Heck-Bleche, vier werden mit den Boostern abgesprengt, danach nur noch zwei Stabilisatoren plus Flügel. Vertikal: Platz durch Triebwerke versperrt.

RS_A: Museum Full / RS_C/D: Bundesarchiv / BL-64: Internet



Eine sehr schöne Seite der NASA, wo man zu all diesen Themen fündig wird:

<https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/guide-to-rockets/>

Zivile Anwendungen der Contraves-Drehwellen-Rechner:

Zenit

Contraves / Dornier

Aus den militärischen Lenkwaffen, die sich nicht verkaufen liessen, entwickelte sich noch die **Höhenforschungs-Rakete Zenit** mit Feststoff-Antrieb. Sie diente wissenschaftlichen Zwecken und startete dreimal: Oktober 1967 (ab Sardinien, Ozon-Messungen, Uni Bern), Juli 1971 (Sardinien, Misserfolg), Dezember 1972 (Norwegen, Massenspektrometer Uni Bern). Sie erreichte Höhen von 100 bis 200 km (je nach Nutzlast), z.B. 145 km bei 80 kg Nutzlast. Es gibt nur drei Stabilisierungs-Flächen zuhinterst.

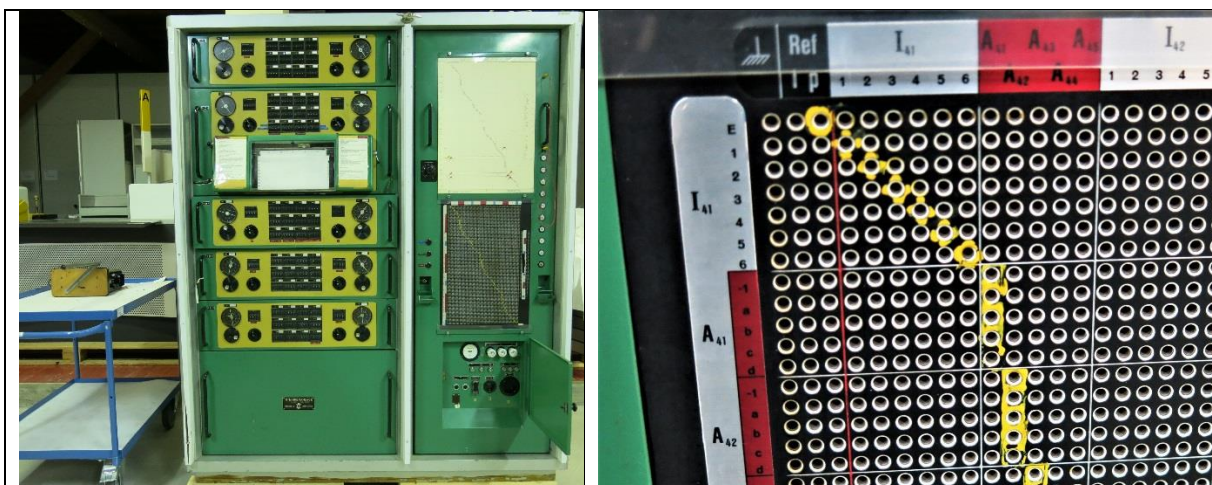
Die Forschungs-Rakete wird hier der Vollständigkeit halber erwähnt – über ihre Rechner ist nichts bekannt. Sie steigt fast senkrecht hoch und muss kein Ziel treffen: das gibt weniger zu rechnen. Möglicherweise war sie auch nicht radargelenkt, sondern nur vom Radar vermessen. Film zur Zenit-Rakete:

<https://www.cockpit.aero/rubriken/detailseite/news/forschung-am-zenit>

Integrieranlage 58

Mit denselben Bauelementen wie bei den Feuerleit-Rechnern wurde 1956 vorerst ein Prototyp, dann 1958 drei mathematische Integrieranlagen gebaut. Ein Gerät wurde vom Kanton ZH angekauft und kam ins Technikum Winterthur. Ein weiteres Gerät blieb bei Contraves, und das dritte wurde nach China verschickt. Das Gerät von Winterthur ist fast intakt erhalten geblieben und steht heute in der Obhut des Museums für Kommunikation (Bern), mit zahlreichen Unterlagen. https://mfk.rechercheonline.ch/de/research?sq_s_query=integrieranlage

Während die Rechner der militärischen Anlagen fest verdrahtet waren – jedes Bauelement hatte genau seine ihm zugedachte Aufgabe – blieb beim zivilen Rechner alles offen: Die Benutzer konfigurieren die Anlage fliegend mit Steck-Stiften und Drähten, jedesmal neu für eine ganz bestimmte Aufgabe.



Links 5 Schubladen mit 10 Integratoren, Papierschreiber, in der Mitte jeweils zahlreiche numerische Gewichte für Additionen, Subtraktionen etc.

In zwei grossen Steckfeldern werden die Verbindungen gesteckt: Vom Ausgang (der Summatoren, Integratoren) zu den Eingängen der nächsten Elemente.

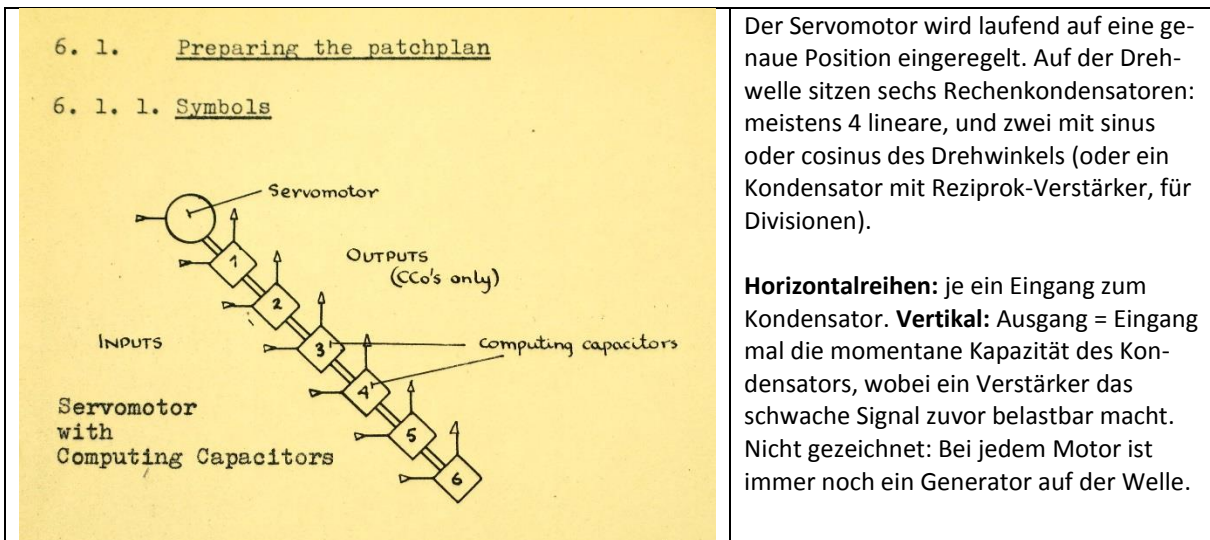
MfK, Lager Schwarzenburg

Steckfeld, Bild oben rechts:

Horizontalreihen, von oben nach unten gelesen: Immer ein anderer **Eingang** von: Integrator weiss – Addition rot – Addition rot. Die Additionen haben einen Vorzeichenwechsel und vier numerisch gewichtete Eingänge.

Vertikalreihen: Gelb = Ausgänge der Rechenelemente. Die Löcher übereinander sind pro Feld miteinander verbunden.

Integrator:



Schalter mit den drei Stellungen **S O I** bei jedem Integrator: eine sehr leistungsfähige Sache! Es wird hier gewählt, wie der Motor geregelt wird:

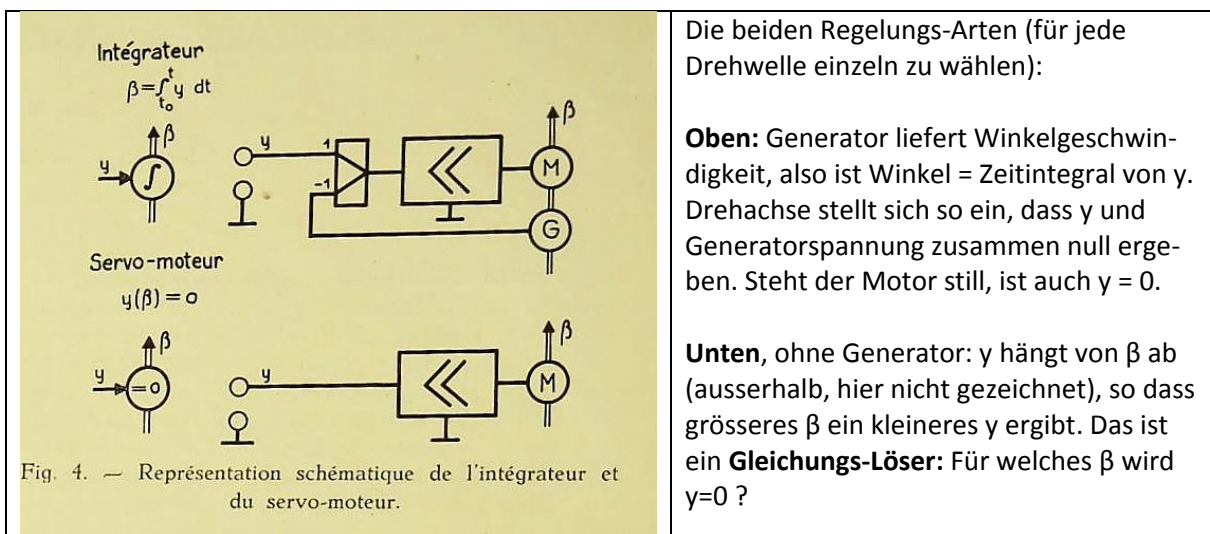
Stellung I wie Integrator: Ein konstantes Signal am Eingang (400 Hz) bewirkt eine konstante Drehung (fortlaufende Rotation) des Motors. Ist das Signal schwach, dreht der Motor langsam – ist das Signal am Eingang stark, dreht der Motor schnell.

>> **Die Drehgeschwindigkeit ist proportional zum Signal am Eingang.**

Stellung 0: Der Motor geht auf Stellung null (mit einem weiteren speziellen Knopf geht er auf seinen befohlenen Anfangswert).

Stellung S wie Signal: Ist das Signal schwach und konstant, so verdreht sich der Motor wenig und bleibt dort stehen. Ist das Signal stark und konstant, nimmt die Drehwelle einen grösseren Verdrehungswinkel ein und bleibt dort stehen. Schwankt das Eingangssignal auf und ab, dreht sich der Motor hin und her – jederzeit genau nach dem Eingangssignal geregelt.

>> **Der Drehwinkel ist proportional zum Signal am Eingang.**



Weiteres dazu siehe in der früheren ausführlichen Arbeit über die Integrieranlage 58 (wahrscheinlich erhältlich beim Museum für Kommunikation, oder beim Verfasser).

Stromleittechnik: Network Analyzer

Hier nur Skizze, Aufgabe erst knapp verstanden.
Am Ende wird klar: das ist von ganz anderer Technik!

In Ref. 1) wird vom gelegentlichen Verkauf eines Netzwerk-Simulators oder eines Netzmodelles an Städte, grosse Stromfirmen und an Hochschulen berichtet:

- 1950 BBC Bestellung. Nach Ref. 1 Erhalten ca. Sommer 1952. Januar 1957: Wunsch nach Erweiterung um 2 Generatoren (BBC-Archiv). Thema: «Netzstabilität»
- 1950 Schwedisches Unternehmen Vattenfall, Wasser- und Elektr.wirtschaft, Bestellung. 1953 in Betrieb
- 1957 University of Alberta, Edmonton, Kanada, war ca. 2 ½ Jahre in Betrieb, nach Internet
- 1958/59 Brasilien Lieferung, Buenos Aires, für: Agua y Energia

>>>> **Statt hier weiterzulesen, erfährt man mehr zum «Netzmodell» unter Ref. 9a) <<<<**

Es scheint um den Stromfluss in grossen Hochspannungsnetzen zu gehen. Erinnerung an eine Anfrage an die SBB im Rahmen von Strom-Messungen der Kanti Zug an den SBB-Geleisen bei abfahrender Lokomotive im Bahnhof: Der Strom fliesst von der Fahrleitung in die Lokomotive – und dann wohin genau weiter in den Schienen ? Vorwärts oder rückwärts ? Wo müssen wir messen ? Antwort SBB: Wir wissen es auch nicht – es stellt sich kurzfristig immer wieder anders ein, je nach der aktuellen Belastung in anderen Gegenden. Selbst wenn Kraftwerke und Einspeisung genau bekannt sind, kann nicht gesagt werden, ob der Strom nach Sihlbrugg oder nach Luzern fliesst, resp. von dort her kommt.

Es scheint ungefähr dies – vermutlich auf höchster Netzebene – das Thema gewesen zu sein, wieso es Netzwerk-Simulatoren brauchte. Ob man die Stromleitungen schützen wollte, oder die Verluste minimieren, oder ob bei geplanten neuen Leitungen die beste Geometrie angestrebt wurde, ob Probleme mit der Blindleistung optimiert wurden ? Das ist nicht bekannt.

Der Rechner ist ein grosser Spiel-Baukasten: Es lassen sich nach Bedarf mehrere Einheiten hinter- und nebeneinander kombinieren und zusammenschalten: Leitungen, Transformatoren, Induktanzen, Reaktanzen, Kapazitäten, alles in recht grosser Zahl. Die gewünschten numerischen Werte der Bausteine lassen sich bei jeder «Schublade» mit Stufenschaltern einzeln von Hand einstellen. Im Betrieb lassen sich die einzelnen Bauelemente als «Adresse» anwählen, um mit genauer Messung die Werte von Strom, Spannung, echter Leistung, Blindleistung und Phasenverschiebung am zentralen Pult abzulesen.

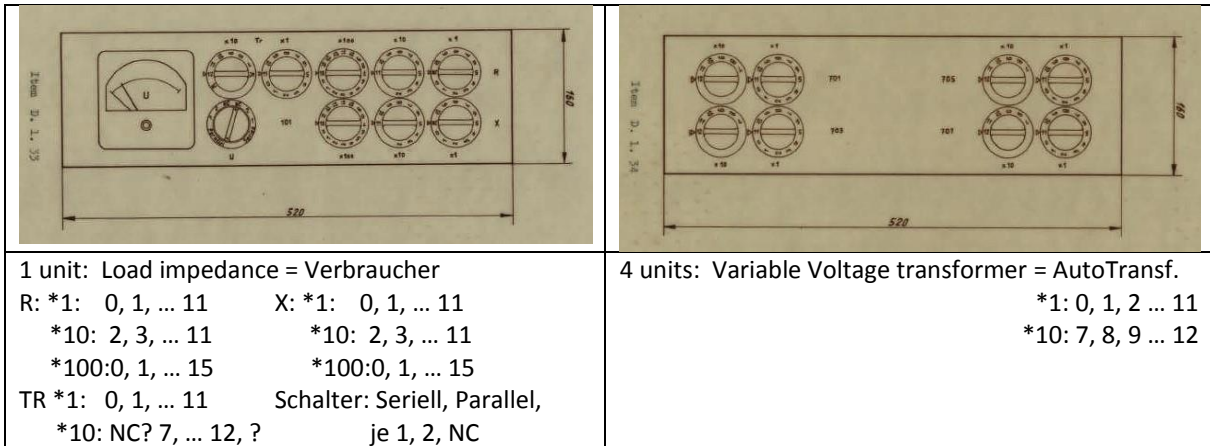
Die hohen Spannungen und Ströme der echten Netze werden abgebildet auf viel tiefere Werte. Es wird jeweils von «100%» gesprochen, und «100%» bei der Spannung waren 15 V (max. Volt output bis 250%), beim Strom 30 mA (max current output bis 1000%), effective power 0.45W, reactive power 0.45 vars, resistance 500 ohm, capacitance $2/\pi$, inductance $1/(2\pi)$ (gibt 500 Ω at 500 cyc/sec). Die Frequenz liess sich von 450 Hz bis 550 Hz verändern, es gab auch feste Werte von 500 Hz. Es gab Phasenschieber von 0 bis 360°, es gab variable Transformatoren (= Autotransformatoren) und feste Transformatoren (= coupling transformers). Das echte Netz wird im Kleinen nachgebaut. Ein Spielparadies für neugierige Elektroingenieure!

Aussen- und Bedienungs-Fronten von vier Schubladen-Typen (52 cm breit und 16 cm hoch):

<p>2 units: Impedance line = Fernleitung R: *0.1: 0, 1, ... 11 X: *0.1: 0, 1, ... 11 *1: 0, 1, ... 11 *1: 0, 1, ... 11 *10: 0, 1, ... 11 *10: 0, 1, ... 11</p>	<p>4 units: Capacitance line = Einzel-Kapazität *1: 0, 1, ... 11 Central switch: π, π, C, C, π *10: 0, 1, ... 11</p>

“With the aid of a switch, one R-L-unit and two capacitive units can be set up to a π -section-network.”

*10 bedeutet: Numerische Werte mal 10. R: Ohm. X: Induktivität.



Load element: enthält einen Auto-Transformer

Bilder aus Ref. 9)

Eine doppelt hohe Schublade für einen Generator hat drei Zeiger-Instrumente mit reference pointer für U (volt), P (power), Q (reactive power, Blindleistung), drei Dreh-Dekaden für die numerische Einstellung, vier Drehschalter für Vorzeichen, ??, ??, drei kleine Anzeigen für U, Phi, ?. Phase und Spannung lassen sich vom Messtisch aus fern-einstellen

Es sind **grosse Anlagen** – der Rechner von Buenos Aires umfasst die folgende Anzahl von Einheiten, nach Ref. 9):

- | | | |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| 12 Generator-units with phase shifters | 30 Load impedance units, resist.&react. | 1 Oscillator, fixed or variable freq. |
| 72 Line units impedance low rate | 12 Variable voltage transformers | Measuring equipment |
| 60 Line units capacitance low rate | 12 Coupling transformers | |

Der nach Schweden gelieferte Rechner war ca. doppelt so gross, Abbildung aus Ref. 9a auf p. 37.

Beispiel eines Teil-Netzes, das mit dem Network Analyser studiert wird:

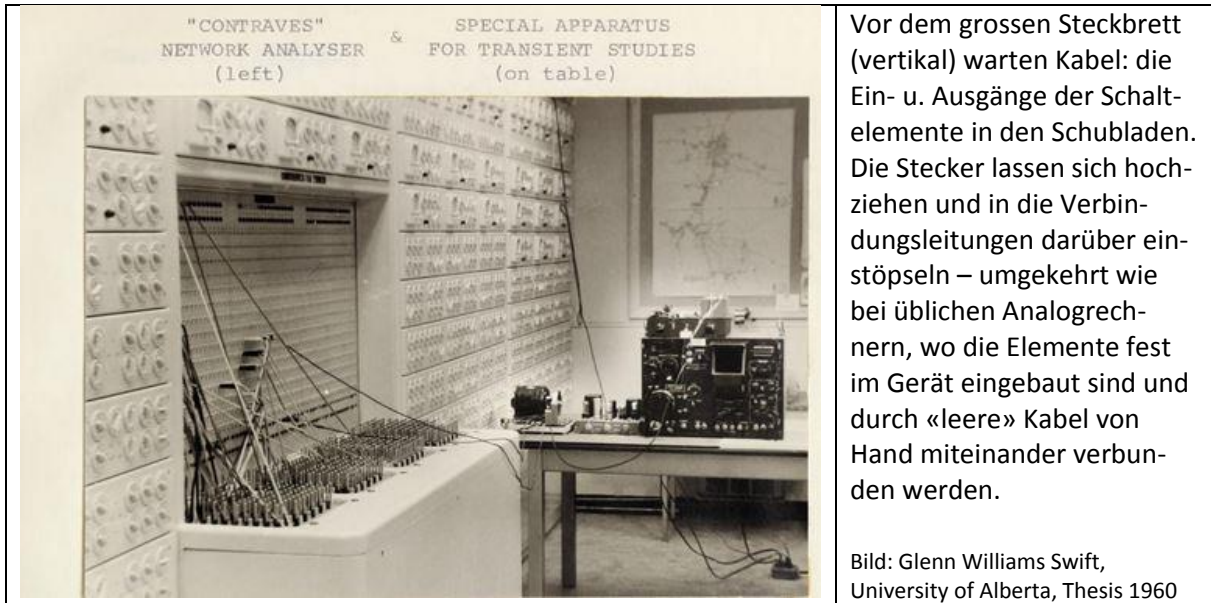
- 6 längere Leitungen A ... F
- 3 Generatoren
- 4 Lasten
- 4 Transformatoren 1, 2, 3, 6
- 2 Autotransformatoren T4, T5

Wahrscheinlich alles einphasig.

Das braucht also 6+3+4+4+2 oder 19 Teil-Elemente, die miteinander zu verschalten sind, und deren numerische Werte vorgängig von Hand eingestellt werden müssen.

Bild: Thesis by Malcolm McKittrik Chase Collins, 1960, University of Alberta, Edmonton.

So sieht der Rechner aus:



Vor dem grossen Steckbrett (vertikal) warten Kabel: die Ein- u. Ausgänge der Schaltelemente in den Schubladen. Die Stecker lassen sich hochziehen und in die Verbindungsleitungen darüber einstecken – umgekehrt wie bei üblichen Analogrechnern, wo die Elemente fest im Gerät eingebaut sind und durch «leere» Kabel von Hand miteinander verbunden werden.

Bild: Glenn Williams Swift, University of Alberta, Thesis 1960

Inhalt der Dissertation Swift, University of Alberta: The use of a network analyser in studying restriking voltage transients. 120 Seiten: <https://archive.org/details/Swift1960/page/n1/mode/2up>
 Spannungsspitzen und Funken nach Strom-Abschaltung – bei entstehenden Frequenzen bis 1000 mal die Netzfrequenz. Arten von Unterbrechern: Luft, Oel... Zum Verstehen der Effekte: Rechnen, oder Messen am Originalnetz, oder Messen am Network Analyser. Hier: nur air blast breakers, mit Contraves Network Analyser untersucht. Abschätzung der Werte für lange Leitungen, für Generatoren und Transformer. Ab p. 68 (Computer) / p. 29 (Schreibmaschine) kommt der Contraves Analyser ins Spiel... Funken-Schwingungen bei 5 ... 200 kc. Fig.21 p.80 / 35 gleichhier unten zeigt den Aufbau des Experimentes, mit Synchron-Unterbrecher rechts vom Network. Fig. 23 und 24 zeigen den Netzzustand bei den Messungen. Der Analyser liegt mitten drin, «tut» selber nichts, ist wie eine Leitung mit steuerbarem Generator etc., lässt alles über sich ergehen. Das läuft überhaupt nicht so wie die Integrieranlage in Winterthur!

In Swift1960 wird eine Ref.1 erwähnt (1946, Schweden), wo man schon zehn Jahre früher mit einem Analyser arbeitete.

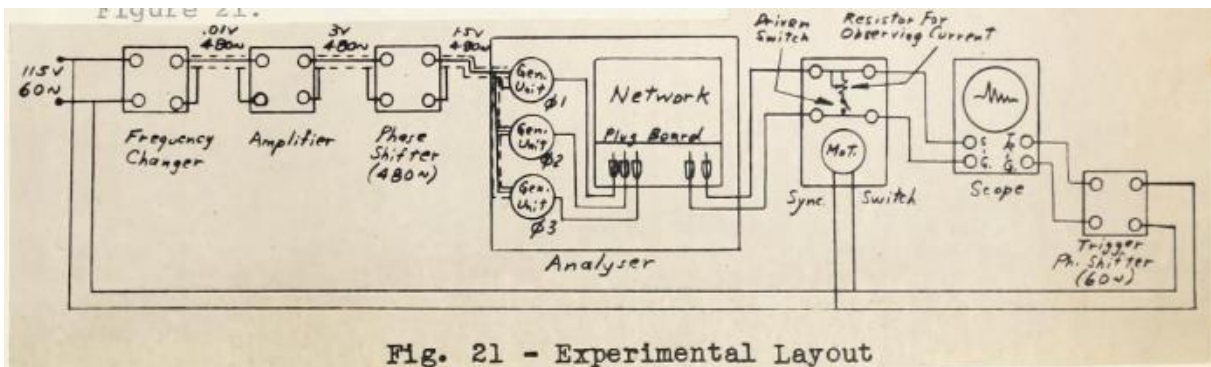
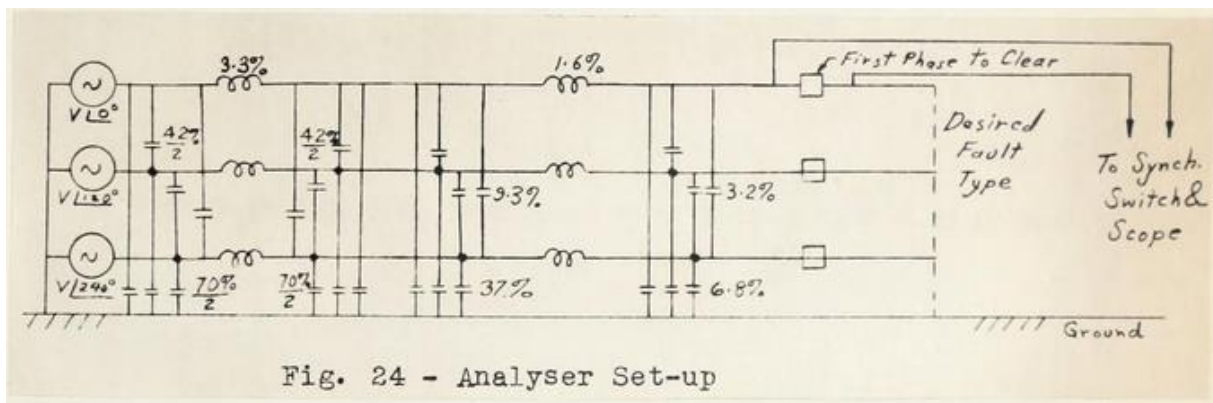


Fig. 21 - Experimental Layout

Dissertation Swift

Dreiphasige Anlage «selber hergestellt» durch drei Generatoren, die mit unterschiedlicher Phase laufen – in der folgenden Abbildung ebenfalls:



Dissertation Swift

Thesis 1956 Donald H. Kelly, University of Alberta: A simulator of an alternator for use with a network analyser, 110 Seiten: <https://archive.org/details/kelly1956/page/n3/mode/2up>
 Zusammenschaltung von mehreren Generatoren und Lasten, verbunden mit langen Leitungen, können zu Instabilitäten führen. Genaue Kenntnisse der Maschinen, Trägheiten, Erregung, Reaktanzen, «Dämpfer-Wicklungen» und Fehler sind nötig, um schon nur steady-state-Lösungen zu beherrschen. Bei mehr als zwei oder drei Maschinen wird die Komplexität enorm. Deshalb wurden Network-Analysers entwickelt, um durch Messungen an jeder Stelle Spannungen, Ströme, Leistungsfluss zu erhalten: Mühsame Punkt-Messungen – oder mit einem Simulator, der sich gleich verhält. Drehimpuls der Maschine mal Winkelbeschleunigung = Leistungs-Input an der Generatorwelle minus elektrischer Leistungs-Output, alles ist von power angle und Last abhängig. – Der Simulator muss so langsam arbeiten, dass sich alle Messungen vornehmen lassen: ??

Am Schluss sind in Kelly 1956 Handzeichnungen (arg verblichen!) von sechs elektrischen Schemas einzelner Contraves-Stufen abgebildet: viel Röhren-Technik.

Contraves beschreibt in Ref. 9) ihre Anlage so, in den ersten Sätzen:

“The A.C. Network Analyser in general represents an analog computer, allowing to evaluate numerically a system of complete, linear differential equations of second order and with constant coefficients. Principally, the analyser may also serve for investigating the steady state as well as transient phenomena and Eigen-value problems.”

Auf Grund der Lösung von Differentialgleichungen wurde zuerst vermutet, der Rechner sei etwas Ähnliches wie die Integrieranlage IA58 von Winterthur. Nach und nach kam die Ahnung, und erst ganz am Schluss (Ref. 9a) ist klar geworden: **Der Network Analyser funktioniert ganz anders und hat mit den Rechenkondensatoren und der Fledermaus-Rechentechnik gar nichts zu tun. Es wird ein variables Spiel- und Forschungsnetz mit wählbaren Einheiten aufgebaut, das Messungen bei kleinen Strömen und Spannungen erlaubt.**

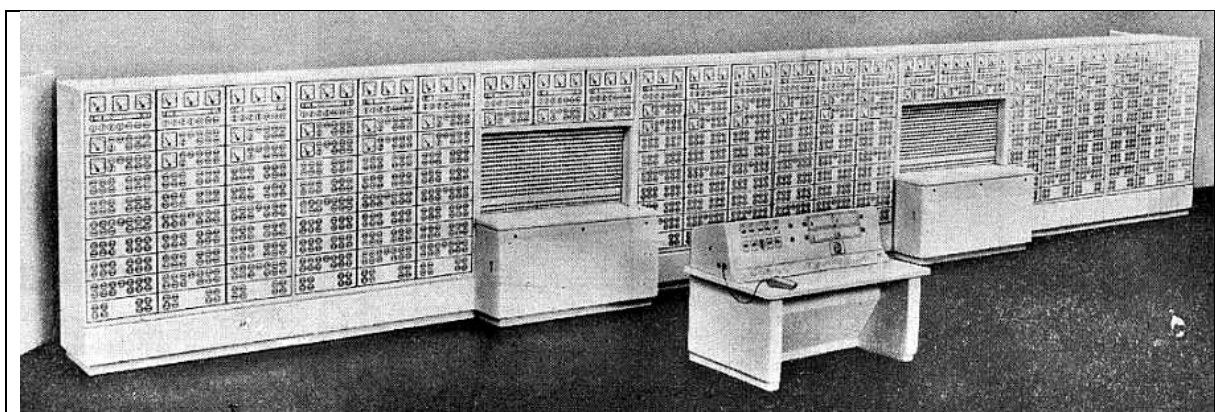
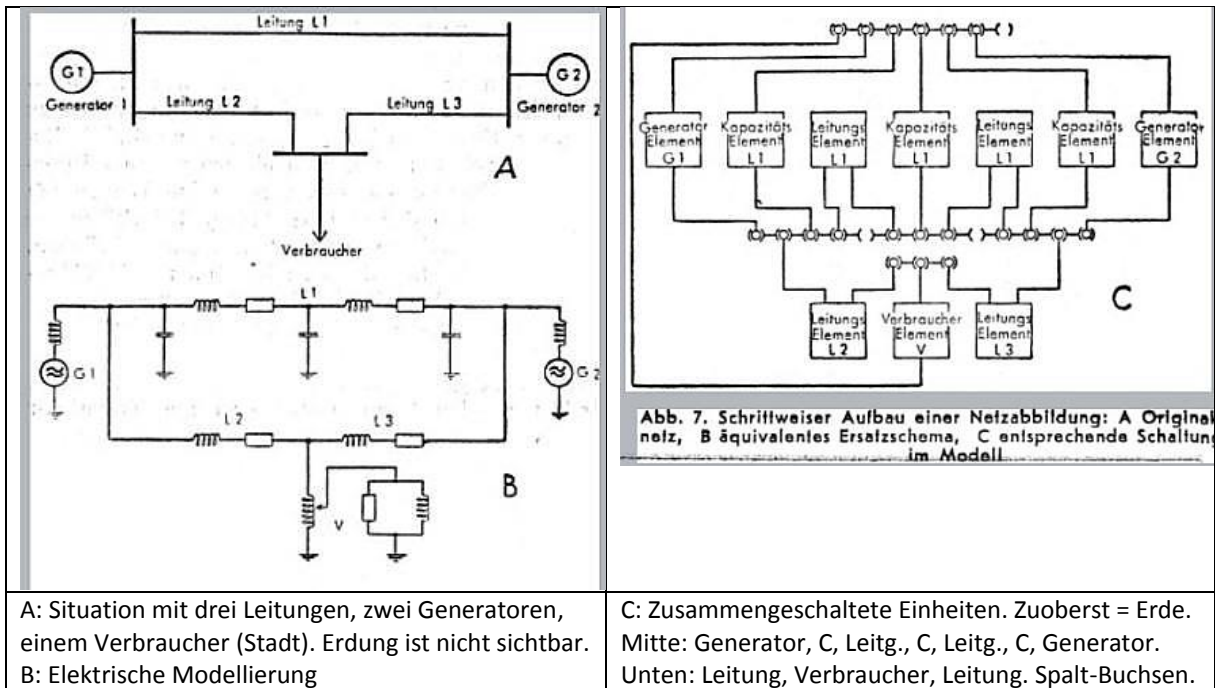
Beigetragen zum Sinneswandel haben:

- Nie wurde bisher ein generell wirkender Start- oder Stop-Knopf gefunden, um einen zeitabhängigen Prozess zu starten – nach Einstellung passender Anfangsbedingungen.
- Zwei der in der Diss Kelly abgezeichneten Contraves-Stufen (Röhren-Verstärker) zeigen zwar einen Motor – aber der betreibt keinen Dreh-Kondensator, sondern einen variablen Drehwiderstand. Der Motor in diesen Zeichnungen ist wie losgelöst gezeichnet und nicht in einen ganzen Regelkreis eingebaut, wie beim FltGt63/69 und bei der IA58 immer üblich.
- Seltsam ist die erschwerte Ausgabe, die Ablesung von Momentanwerten der Variablen. Jede Einheit (Generator, Transformator, Last, Leitung kapazitiv oder induktiv) hat eine eigene Adresse, z.B. 345. Es gibt eine einzige zentrale Messeinheit mit Messverstärkern, die nach Anwahl der Adresse per Relais auf die gewünschte Einheit

aufgeschaltet wird (man erspart sich dadurch kapazitiv störende Messleitungen). Jetzt lassen sich Volt, Ampère, Phasenverschiebung, Wirkleistung, Blindleistung bei dieser angewählten Einheit ablesen und aufschreiben – dann geht's zur nächsten Einheit. Etwas mühsam bei vielen, zeitabhängigen Grössen? Es ist sogar die Rede von sukzessiver Approximation, um genau gewünschte Werte einzustellen, wenn mehrere Grössen wechselseitig voneinander abhängig sind. – Direktes Anschliessen weiterer Instrumente wie Oszilloskope ist sicher möglich.

- Endlich dann die Bestätigung im spät aufgefundenen NZZ-Beitrag 1953 (Ref. 9a).

Abschliessend einige Bilder aus Ref. 9a zum Prinzip und Aussehen des Netzwerk-Modelles:



Ansicht des Rechners, der nach Schweden geliefert wurde. **Mitte:** Messtisch, jedes Element kann per Adresse angewählt werden, um während des Betriebes fünf Grössen abzulesen. **Oberste Reihe:** 24 Generatoren (mit je 3 Zeigerinstrumenten). **Darunter:** 42 Lasten (Verbraucher, je ein Zeigerinstrument). **Unterste Reihe:** 96 Autotransformatoren. Zwei Kabelrollen-Schränke mit den Anschlüssen aller Einheiten.

Quellen, Literatur: **Herzlichen Dank für Mikrowellen- und Radar-Hilfe an Thomas Steuri und Ulrich Fierz!**

1) 40 Jahre Contraves, 1936-1976, Hausmitteilungen CONTACT 6/76. Sehr breit, viel zu knapp

2) Die ferngelenkte Fliegerabwehr-Rakete OERLIKON Type 54. Druckschrift Nr. 1706. Ausnahmsweise ist eine Contraves-Schrift sogar datiert: 23.11.1954 (zwei Tage vor dem Besuch Haile Selassies in der Schweiz).

Der Battery Radar Tracker (Finden und Verfolgen des Flugzeuges und ev. zur Steuerung des Leitstrahles) wird erst als Handzeichnung abgebildet.

Der Besuch des Kaisers von Äthiopien in der Schweiz (mit Besuch in Oerlikon) fand vom 25.-28.11.1954 statt. Eindrücke zu diesem Kaiser-Besuch:

<https://zeitlupe.ch/panorama/kultur/fortsetzungsroman-kultur/der-schwarze-kaiser-inmitten-von-weissen/>

Film zum Kaiser-Besuch:

<https://www.srf.ch/news/bern-freiburg-wallis-vor-60-jahren-ein-kaiser-zu-gast-im-schloss-jegenstorf>

Im Bundesarchiv findet sich ein Bericht (9.1.56) «Rapport de voyage» über einen Besuch 5.-7.12.1955 eines KTA-Abgeordneten (Ingenieur Dr. J.P. Keller) in Oerlikon zum Studium dieser Lenkwaffe Typ 54. Es gibt eine Reihe exakt derselben Original-Fotos wie in Ref. 2) – und alle haben hier ein Symbol und eine Foto-Nummer wahrscheinlich des Eidg. Flugzeugwerkes in Emmen: F + W im Kreis. Seltsam, merkwürdig. In Ref. 2) sind keine F+W-Symbole auf exakt denselben Fotos.

Neuere Lenkwaffen von Contraves: Hefte antiquarisch gefunden, ebenso 2), 6), 8)

3a) MICON, The naval base defense SAM guided weapon system, Werbebroschüre o. J. der Contraves zur Anpreisung der Lenkwaffe ca. RS_E «an die Iranische Navy» - das steht zwar so nicht gedruckt, muss aus einem beigelegten Zettel oder den Fundumständen hervorgegangen sein; bei Antiquaren ist diese gleiche Zusatzbemerkung nochmals in anderer Broschüre gefunden worden. Der Schah von Persien regierte bis 1979.

Geschätztes Jahr durch Antiquar «ca. 1960», (muss eher später sein.) – Darin: Abbildung des neuen *miniaturisierten Rechners* für die Boden-Ausrüstung der Lenkwaffe RS_E (und später, mit anderen Variablen und anderen Verknüpfungen, auch für den Flab-Panzer und für Schiffs-Lenkwaffen).

3b) SEA MICON, The ship to ship guided missile system for the Imperial Iranian Navy, o.J., Das steht so in Goldprägung auf dem aufwändigen Buchdeckel (ev. eine normale Broschüre teuer eingebunden). 2-, 4- oder 6-Missiles launcher, ab Blechkanistern verschossen (wegen Korrosion durch Seewasser ?).

3c) NAVAL WEAPON SYSTEMS: Sea Hunter Fire Control System / Sea Indigo Missile System / Sea Killer Missile System, Ship to Ship / Combined Sea Indigo & Sea Killer / 35 mm Twin Gun Mounting. O.J.

Furchtbar ungenaue Datierung anhand der eingezeichneten Oerlikon 35 mm twin GDM-A: Design 1965, in service 1972. Dieses Geschütz ist in 3c) eingetragen, Broschüre also später oder ähnlich.

4) <https://www.youtube.com/watch?v=9MggMau6P-Y>

Contraves MICON Missile System, Film zu Abschuss-Versuch in Sardinien, 17 Min.

Der Name Rheinmetall wurde später zugefügt. Min. 2'55'' und 4'08'': Noch zwei grosse Steuerwagen (computing and command unit), Flugzeug-Such-Radar, In-den-Strahl-führ-Radar, Monopuls-Differentialradar, 3 Power supplies. 3'20'': Ansicht Rechner wie Fledermaus, später miniaturisiert (nicht im Film). 14'29'': Monopuls-Radar

4a) Hans Jucker, «Zur Geschichte der Hochfrequenztechnik in der Schweiz»: Auf p. 19 Gesamtsystem von RS_E (neuerer Typ, wahrscheinlich Micon, mit Multiplexer für 3 LWf). Selbes Bild im Buch Hermann Schild, Fliegerabwehr, 1982/2005, in Neuauflage p.180.

5) <https://www.youtube.com/watch?v=SSesW-IAL0o>

Zenit-Werbefilm, Contraves und Dornier.

6) Contraves Zürich: What it is and what it does. O. J. 26 schöne S/W-Fotos der eher frühen Arbeiten der Contraves mit kurzen Erklärungen. Ringbuch mit geprägtem Deckel. Thematisch reicht die Bildersammlung vom Oionoskop bis zum (frühen ?) EOTS.

7) Ausstellung bei Rheinmetall, Vortragssaal

8) 35 mm Flakpanzer GEPARD, Oerlikon Contraves. 1976. 96 S.

9) Alternating current network analyser for Agua y Energia, Buenos Aires, Argentina, 17.2.59, Contraves.

9a) <https://www.e-newspaperarchives.ch/?a=d&d=NZZ19530408-02.2.16.3&srpos=25&e=-----de-20--21--img-txIN-netzmodell-----0----->

Endlich gefunden: Beschreibung des "Netzmodelles", was es tut, wie es aufgebaut ist! NZZ, 8.4.1953.

9b) Bulletin Oerlikon, Nr. 308, Feb. 1955, p. 9-14 und Nr. 315, 1956, p. 26-38 und Nr. 322, 1957, p.51 (alle im selben Band an der ETH-Bibliothek Höggerberg).

«Generator-Modell»: Ein Generator wird modelliert, um Labor-Messungen zur Spannungsregelung bei Schaltvorgängen und Pannen zu machen, schon vor der Installation des echten Generators. Sehr anspruchsvoll, um auch nur die Hälfte zu verstehen. Etwas jünger als das «Netzmodell», ev. daraus entwickelt.

Beim «Modell» muss eine Rechen-Einheit (Schublade) mit einer Kapazität, einer Induktanz, einem Generator nicht gerade ein solches Element enthalten – sondern eine (Röhren-)Schaltung, die sich bezüglich Wert, Ein- und Ausgangswiderstand, Einschwingverhalten, Phase «richtig» verhält.

10) Bundesarchiv

10 a) E5560C#1975/46#3030* RSE - Lenkwaffen (Contraves - Oerlikon)

10 b) E5460A#1967/127#265* Flab-Rakete Contraves-Oerlikon: Vertrag mit KTA, 31.12.1959
Contraves-Kostenschätzung Okt. 1958 für Entwicklung und Bau zweier Prototypen RSE inkl. Bodenanlagen und Erprobungsprogramm, neben Vertrag: ab Bild 6568/69. Vertrag Dez. 1959: ab B. 6480.

Verbrennungsgase der Feststoff-Triebwerke stören die Radarverbindung. Ev. braucht es einen Transponder auf der Rakete (B. 6561).

10 c) E5460A#1967/127#227* und ...#228* und ...#229*

Sitzungsprotokolle der Flab-Kommission (drei Sitzungen im Jahre 1958). Gedanken, Erwägungen, Wissensstand zu Nachfolgelösungen der schweren Flab. Bedauern, dass Contraves noch nicht weiter ist – ein gutes Jahr später gibt es einen gegenseitigen Vertrag zwischen KTA und Oerlikon, damit die Entwicklungsarbeiten vom Bund unterstützt werden, Ref. 10 b).

KTA und Armeespitze waren sich gewohnt, nur geprüftes, bewährtes Material anzuschaffen – das Gegenteil dessen, was bei Contraves anzutreffen war! Die Armee wollte Garantien, und genau das war nicht zu haben. Eine schwierige Lage (übrigens genau gleich wie schon früher beim Oionoskop).

10 d) E5460A#1967/127#266*

Ein separater Nebenschauplatz zur CH-Raketen-Bewaffnung ist gut dokumentiert. Major Otto Svoboda wurde vom 8.-25.10.1957 mit anderen delegiert zu einer Reise in die USA, um die dortigen Lenkwaffen-Möglichkeiten zu studieren. Er kam ganz begeistert von den Nike-Ajax-Waffen heim und wollte unbedingt so etwas für die ganze Schweiz durchsetzen, mit 24 Raketen-Batterien. Er wandte sich in zahlreichen Briefen (Jan. bis April 1958) an Oberstbrigadier Meyer, Ausbildungschef der Flab-Truppen und Vorsitzender der Flab-Kommission, sandte eigene Studien herum, bis er anfänglich zurückhaltend, dann immer gestresster abgemahnt wurde. Er darf seine Studie nicht weiterverbreiten und gar niemandem zeigen. Sein Fragen-Katalog (Jan. 58, ohne Auftrag) zu den Oerlikon-Lenk Waffen Typ 56 wird nicht weitergeleitet (10. Feb. 58), aber Meyer fragt dann doch gleichentags in Oerlikon zu einigen Punkten an. Oerlikon adressiert am 13. Feb. 58 ein Memorandum direkt an BR Paul Chaudet, damit sich die Unsicherheiten nicht noch weiter verstärken. Am Ende gab es für Svoboda scharf formulierte schriftliche Rüffel. Otto Svoboda wurde später erster Kdt. des Lwf Rgt 7 Bloodhound (1967-68), mit sechs Lwf-Stellungen in der Schweiz und neun Feereinheiten, im Einsatz bis 1999.

Bei der Nike-Ajax-Rakete wird laufend ein Treffpunkt errechnet, weit vor dem Flugzeug. Der Leitstrahl wird immer auf diesen zukünftigen Treffpunkt ausgerichtet, die Lenkwaffe zielt deshalb immer vor das Flugzeug. Bei den Oerlikon-Raketen hält der Radar-Leitstrahl immer genau auf das Flugzeug, ohne jeden Vorhalt. Eine der Fragen von Otto Svoboda war, welches die Vor- oder Nachteile dieser unterschiedlichen Systeme sei.

Contraves, 1958: «Gegenüber allen Verfahren mit Vorhaltlenkung weist das Zieldeckungsverfahren den Vorteil auf, dass» in kurzen Zeiten mehrere Raketen auf dasselbe Ziel gesteuert werden können. Würde ein zukünftiger Treffpunkt errechnet, so gälte der nur für die gerade gestartete Rakete – aber nicht mehr für die nächste und übernächste (Bild 6562). – Die Proportional-Navigation der BL-64 berechnet keinen Treffpunkt, ist aber dennoch eine Art Vorhaltlenkung. Hier können auch mehrere Raketen hintereinander auf dasselbe Ziel fliegen. Für gleichzeitige Steuerung mehrerer Raketen und Inertialsteuerung in der Grobphase sind neue Rechner zu entwickeln (B. 6563). – Alles 17.10.58

Bisherige Arbeiten in dieser Serie:

Dies ist die **zwanzigste Arbeit** in einer Reihe, in der **historische Militärrechner** studiert und beschrieben werden – anfänglich im Bereich der **Fliegerabwehr**, später sind auch Flugzeug-Rechner dazugekommen:

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
Sechzehnte Arb:	Feuerleitgerät 63/69 «Super-Fledermaus»	Dez 2021
Siebzehnte Arb:	Integrieranlage IA-58 von Contraves	Aug 2022
Achtzehnte Arb:	Abwurf-Zielfernrohr Goerz-Boykow (Flugzeug-Rechner)	Juli 2023
Neunzehnte Arb:	Mirage Luftdaten-Zentrale (Flugzeug-Rechner)	Dez 2023