Die Feuerleitung von Flakbatterien

Von Flieger-Stabsing. Dr.-Ing. **A. Kuhlenkamp** VDI, Berlin

Laut Friedensdiktat von Versailles ist Deutschland jeder wirksame aktive Luftschutz durch Flugabwehrkanonen (Flak) und durch die Luftwaffe verboten; gestattet ist nur der ebenfalls wichtige, allein aber vollkommen ungenügende zivile Luftschutz. — Die Kriegserfahrungen mit der Flakwaffe haben im Auslande zu Entwicklungen geführt, die der Waffe ein Höchstmaß von Genauigkeit verleihen. Die Geschütze (vgl. S. 40) werden „indirekt" durch ein „Flak-Kommandogerät" laufend gerichtet. Die vom Kommandogerät ermittelten Werte werden durch ein elektrisches Übertragungs-Gerät auf die Geschütze übertragen. Die Kommandogeräte bilden das Gehirn der Batterie. Nach der Art und Weise, in welcher diese Geräte die Schußwerte für die Geschütze ermitteln, unterscheidet man zwischen linearen und Winkelgeschwindigkeitsgeräten. Die linearen Geräte rechnen mit der linearen Zielgeschwindigkeit die „Auswanderungsstrecke" während der Geschoßflugzeit mathematisch exakt aus. Die Winkelgeschwindigkeitsgeräte ermitteln die näherungsweisen Vorhalte für den Seitenwinkel, den Höhenwinkel und die Entfernung. Die Schaffung neuzeitlicher Flakbatterien stellt ganz neue Anforderungen an die Industrie und an die Truppe und erfordert eine nicht gering anzunehmende Entwicklungszeit. Darum: Flakschutz tut not!

Infolge der allseitigen Bedrohung Deutschlands durch die Luftstreitkräfte aller umliegenden Staaten ist das Problem der aktiven Flugabwehr für uns von außerordentlich großer Bedeutung. Die Schaffung eines ausreichenden Schutzes ist eine Lebensfrage geworden, von der das Wohl und Wehe des ganzen Volkes abhängt. Trotz der klaren Erkennung dieser dringenden Notwendigkeit müssen wir, gezwungen durch das Diktat von Versailles, mit gebundenen Händen zusehen, wie die Gefahr von außen immer größer und die innere Wehrlosigkeit immer beängstigender werden. Es bleibt uns lediglich, die aus dem Auslande bekanntgewordenen Organisationen der der Flugabwehr dienenden Batterien (genannt Flakbatterien) und deren Einrichtungen und Verfahren der Feuerleitung zu studieren.

Hierbei zeigt sich nun, daß die neuzeitliche Flakbatterie eine technische Höchstleistung in jeder Beziehung darstellt. Die Notwendigkeit, die Zeit vom Erkennen des Zieles bis zur Detonation des ersten Geschosses am Ziel auf ein Mindestmaß herabzudrücken, zwingt zur Ersparung von Sekunden und Bruchteilen einer Sekunde. Jede einzelne Tätigkeit: Die Bildung der Kommandos für die Geschütze nach der Zielauffassung, die Übermittlung dieser Werte an die Geschütze, die Einstellung der Werte an den Geschützen, das Laden und Abfeuern und die Flugzeit des Geschosses bis zum Ziel müssen jede für sich auf das kleinstmögliche Maß beschränkt werden.

Auf Grund dieser Bedingungen hat sich fast durchweg folgende

Norm der Feuerleitung und Aufstellung einer Flakbatterie

herausgebildet, Bild 1. Die vier Flugabwehrkanonen (Flak) a_1 bis a_4 umgeben das möglichst in der Mitte der Batterie stehende zentrale Richtgerät b. Bei seitlich herausgestelltem Gerät ist die Berücksichtigung der durch den seitlichen Abstand bedingten Korrekturwerte im Rechengerät notwendig. Dieses liefert auf Grund der vorhergehenden Zielbeobachtung laufend die Kommandowerte für die Geschütze und wird „Flak-Kommandogerät" genannt. Mit dem Kommandogerät verbunden oder auch getrennt aufgestellt ist der Entfernungs- oder Höhenmesser c, ein optisches Gerät, das vorwiegend stereoskopisch die Zielentfernung oder die Zielhöhe bestimmt. Das Kommandogerät ist mit dem Entfernungsmesser einerseits und den Geschützen anderseits über den Kupplungs- oder Verteilerkasten d hinweg durch elektrische Einrichtungen verbunden, die sofort die gemessene Entfernung in das Kommandogerät und die Kommandowerte an entsprechende Einrichtungen an den Geschützen übertragen. Dieses elektrische Übertragungsgerät besteht aus den Gebern im Kommandogerät und den Empfängern an den Geschützen und erhält von dem Maschinensatz e seinen Strom. Die Geschütze, die den Geschossen eine hohe Anfangsgeschwindigkeit ($v_0 \approx 900$ m/s) geben, sind seitlich um die senkrechte Achse über 360° hinaus und ferner der Höhe nach um die waagerechte Achse bis 90° schwenkbar. Die Geschosse von hoher Sprengwirkung sind mit Zeitzündern versehen, die auf zehntel Sekunden genau die Laufzeit des Geschosses vom Verlassen des Rohres bis zur Detonation bestimmen. Zur Einstellung der Zünderwerte dienen besondere Zünderstellmaschinen hoher Genauigkeit.

Sind die Geschütze und das Kommandogerät zuvor nach einer Richtung, z. B. Norden, parallel gestellt und ausgerichtet und dabei die Seitenteilkreise derart in Übereinstimmung gebracht, daß in dieser Richtung bei allen die gleiche Zahl, z. B. null, anliegt, so können durch Übermittlung der Zahlenangaben für Seiten- und Höhenwinkel vom Kommandogerät aus die Geschütze indirekt gerichtet werden, ohne daß jedes Geschütz einzeln das Ziel aufzufassen nötig hat. Die Bedienungsleute haben dann lediglich, wie Bild 2 für die Seitenrichtung zeigt, die Aufgabe, mit den Zeigern, die die vom Kommandogerät angegebene Richtung anzeigen, Gegenzeiger in

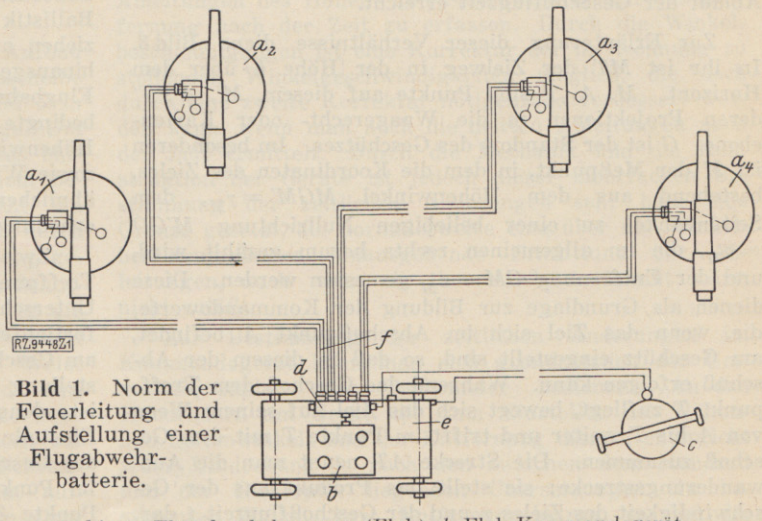


Bild 1. Norm der Feuerleitung und Aufstellung einer Flugabwehrbatterie.

a_1 bis a_4 Flugabwehrkanonen (Flak), b Flak-Kommandogerät, c Entfernungsmesser, d Verteilerkasten, e Maschinensatz, f elektrische Leitungen

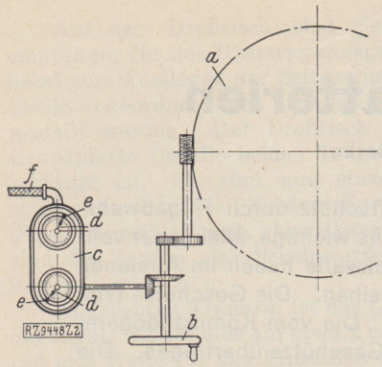


Bild 2
Seitenrichtantrieb des Geschützes für indirektes Richten.

a Seitenrichtkreis des Geschützes
b Bedienungshandrad
c Seitenempfänger (grob und fein)
d Zeiger
e Gegenzeiger
f Kabel

Deckung zu halten, wodurch das Geschütz die kommandierte Richtung erhält.

Die Zentrale der Feuerleitung, die die Geschütze richtet und die Kommandowerte in einem Mindestmaß von Zeit bildet, ist

das Kommandogerät,

das gleichzeitig den bemerkenswertesten Teil der Batterie darstellt. Die Aufgabe, die diesem Gerät zur Lösung obliegt, ist nicht einfach, denn um ein sich frei im Luftraum bewegendes Ziel treffen zu können, genügt es nicht, das Geschützrohr während des Schießens dauernd auf das Ziel gerichtet zu halten und diesem laufend zu folgen. Durch die Beweglichkeit und die große Geschwindigkeit des Ziels sind ganz andere Bedingungen als sonst bei Artilleriezielen gegeben. Hat das Flugzeug z. B. eine Geschwindigkeit $v = 50$ m/s, die 180 km/h Geschwindigkeit entspricht, und das Geschoß während seiner Flugzeit eine mittlere Geschwindigkeit $v = 500$ m/s, so bewegt sich das Ziel während der Geschoßflugzeit t um $^{50}/_{500}$ gleich $^{1}/_{10}$ der von dem Geschoß durchflogenen Strecke weiter. Beträgt die Schußentfernung demnach 3000 m, so liegen die Schüsse 300 m, bei 6000 m sogar 600 m in der Flugrichtung hinter dem Ziel und sind damit wirkungslos, wenn beim Richten des Geschützes diesem Umstande nicht Rechnung getragen wird. Die Vernachlässigung der Zielgeschwindigkeit gegenüber der Geschoßgeschwindigkeit ist somit in diesem Falle nicht mehr tragbar. Die Bekämpfung eines Luftziels macht es notwendig, beim Richten des Geschützes dem Ziel um die Strecke, die es während der Geschoßflugzeit zurücklegt, voranzueilen, und zwar derart, daß in dem Augenblick, in dem der Abschuß erfolgt, das Geschoß bereits nach dem Punkte auf der Verlängerung des Zielwegs fliegt, den das Ziel selbst erst nach Ablauf der Geschoßflugzeit erreicht.

Zur Erläuterung dieser Verhältnisse diene Bild 3. In ihr ist MT der Zielweg in der Höhe h über dem Horizont. M, A, T sind Punkte auf diesem, M', A', T' deren Projektionen in die Waagerecht- oder Kartenebene. G ist der Standort des Geschützes. Im besonderen ist M der Meßpunkt, in dem die Koordinaten des Zieles, bestehend aus dem Höhenwinkel $MGM' = \gamma_M$, dem Seitenwinkel zu einer beliebigen Nullrichtung $M'GO = \sigma_M$, die im allgemeinen rechts herum gezählt wird, und der Entfernung $GM = e_M$ gemessen werden. Diese dienen als Grundlage zur Bildung der Kommandowerte, die, wenn das Ziel sich im Abschußpunkt A befindet, am Geschütz eingestellt sind, so daß in diesem der Abschuß erfolgen kann. Während das Geschoß dem Treffpunkt T zufliegt, bewegt sich das Ziel auf seinem Wege von A bis T weiter und trifft im Punkte T mit dem Geschoß zusammen. Die Strecke AT nennt man die Auswanderungsstrecke; sie stellt das Produkt aus der Geschwindigkeit des Zieles v und der Geschoßflugzeit t dar. Im Punkte A muß also das Geschütz bereits die zum Punkte T gehörige Richtung haben, die gegeben ist durch

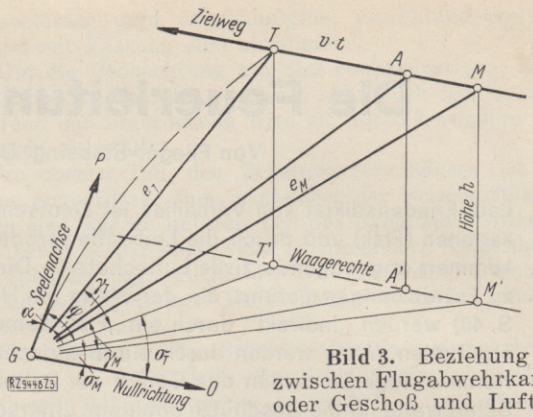


Bild 3. Beziehung zwischen Flugabwehrkanone oder Geschoß und Luftziel.

G Geschütz M Meßpunkt
A Abschußpunkt (Zielpunkt im Augenblick des
T Treffpunkt [Abfeuerns des Geschützes)
M', A', T' Projektionen auf die Waagerechte
γ_M Höhenwinkel MGM' } zum Meßpunkt
σ_M Seitenwinkel $M'G0$ } zum Meßpunkt
e_M Entfernung GM } zum Meßpunkt
γ_T Höhenwinkel TGT' } zum Treffpunkt
σ_T Seitenwinkel $T'G0$ } zum Treffpunkt
e_T Entfernung GT } zum Treffpunkt
α Aufsatzwinkel PGT

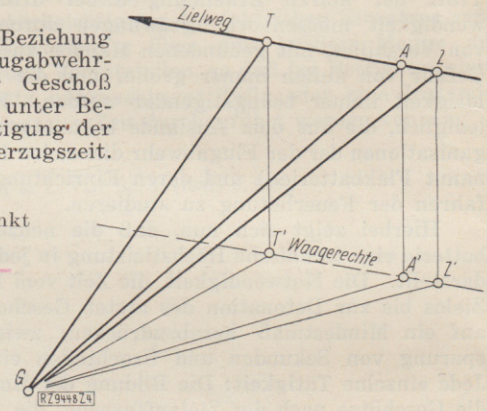


Bild 4. Beziehung zwischen Flugabwehrkanone oder Geschoß und Luftziel unter Berücksichtigung der Ladeverzugszeit.

G Geschütz
A Abschußpunkt
T Treffpunkt
Z Zünderstellpunkt,
$A'T'Z'$ Projektionen auf die Waagerechte

den Seitenwinkel zum Treffpunkt σ_T, den Höhenwinkel γ_T und die Zünderstellung entsprechend der Treffpunktentfernung $GT = e_T$. Zu den Winkeln müssen außerdem Korrekturen hinzugefügt sein, die durch die Ballistik des Geschosses bedingt sind und die sich beziehen auf den über den Höhenwinkel zum Treffpunkt hinausgehenden Aufsatzwinkel α als Folge der geneigten Flugbahn des Geschosses und auf die durch den Drall bedingte seitliche Abweichung. Die Summe aus dem Höhenwinkel zum Treffpunkt und dem Aufsatzwinkel, sowie Wind-, Luftgewicht-, Anfangsgeschwindigkeit- und ähnlicher Korrekturen ergibt dann die tatsächliche Rohrerhöhung.

Zwischen den vom Kommandogerät zu bestimmenden Treffpunktkoordinaten besteht nun in der Weise ein Unterschied, als die Rohrerhöhung und der Seitenwinkel fortlaufend und ohne Beeinflussung durch den Abschuß am Geschütz eingestellt werden können, was bei der Einstellung der Zünderlaufzeit am Geschoß nicht möglich ist; denn das Geschoß muß nach der richtig erfolgten Einstellung aus der Zünderstellmaschine herausgerissen, das Geschütz muß geladen und abgefeuert werden. Soll im Punkte A, Bild 4, der Abschuß erfolgen, muß im Punkte Z die Zünderstellung für den Punkt T beendet sein, da die zur Strecke ZA gehörige „Ladeverzugszeit" zu den angegebenen Verrichtungen benötigt wird. Un-

abhängig hiervon muß im Punkt A das Geschütz die dem Punkt T entsprechende Stellung eingenommen haben, damit im Abschuß die am Geschütz eingestellten Werte, Rohrerhöhung und Treffseitenwinkel, zusammen mit der am Geschoß eingestellten Zünderlaufzeit die Koordinaten des Treffpunktes ergeben. Die Ladeverzugszeit erfordert demnach noch eine besondere Vorhaltrechnung für den Zünder.

Die Lösung der Aufgaben im Kommandogerät gliedert sich in drei dem Rechenvorgang nach zeitlich hintereinander liegende Gruppen; und zwar:

1. Verarbeitung der laufend gemessenen Meßpunktwerte;
2. Berechnung des Treffpunktes, Vorhaltrechnung;
3. Umwandlung der Treffpunktkoordinaten in die am Geschütz und am Geschoß einstellbaren.

Die laufend gemessenen Koordinaten des Meßpunktes, bestehend aus dem Höhenwinkel γ_M, dem Seitenwinkel σ_M und der Meßentfernung e_M, sind durch Verfolgen des Zieles und laufendes Anschneiden durch die Richtoptik und durch die Entfernungsmessung gegeben. Diese Werte derart umzuarbeiten, daß die Unterlagen für die Treffpunktberechnung gefunden werden, ist die Aufgabe der ersten Gruppe.

Zur Berechnung des Treffpunktes muß im zweiten Teil, auch Vorhaltrechnung genannt, der Punkt auf der Verlängerung des Zielweges gefunden werden, in dem die „Zeitgleichheit" besteht, d. h. in dem die Zeit, die das Ziel braucht, um vom Abschußpunkt nach dort zu kommen, ebenso groß ist wie die, die das Geschoß braucht, um die Treffentfernung zu durchfliegen. Das Ergebnis dieser Rechnung sind die Koordinaten des Treffpunktes, bestehend aus dem Höhenwinkel γ_T, dem Seitenwinkel σ_T und der Treffentfernung e_T.

Im dritten Abschnitt sind nun diese Koordinaten nach Maßgabe der Charakteristiken des Geschützes und dessen Schußtafel in die am Geschütz einstellbaren Werte Rohrerhöhung und Seitenwinkel und in die am Geschoß einstellbare Zünderlaufzeit umzuwandeln.

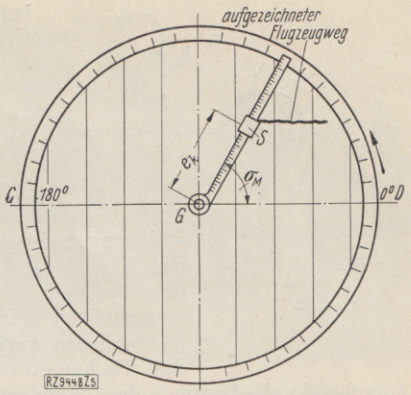
Für die Lösung des ersten Aufgabenteiles der Flak-Kommandogeräte sind zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten vorhanden. Die Wahl des einen oder des anderen Verfahrens ist entscheidend für das Gerät und macht es zu einem „linearen" oder einem „Winkelgeschwindigkeits"-Gerät. Bei der ersten Art der Geräte werden als Grundlagen der im zweiten Teil durchzuführenden Vorhaltrechnung aus den Meßpunktwerten die Richtung und die Geschwindigkeit des Zieles bestimmt.

Lineares Gerät

Bild 5 zeigt schematisch den grundsätzlichen Aufbau eines linearen Gerätes. Die kreisrunde Schreibscheibe ist außen mit einer Teilung versehen, die in Bild 5 in Richtung CD von null aus links herum zählen möge. Um den Mittelpunkt G, der dem Standort des Gerätes entspricht, ist ein Lineal drehbar, auf dem in einem bestimmten Maßstab eine Meterteilung angebracht ist. Das Lineal wird laufend um Punkt G nach dem durch das Anvisieren des Zieles erhaltenen Seitenwinkel σ_M gedreht, während der auf dem Lineal verschiebbare Schlitten S auf die Projektion der Meßentfernung e_K in die Kartenebene eingestellt wird. Der Schlitten S trägt gleichzeitig einen Schreibstift, der auf diese Weise laufend den Flugzeugweg aufzeichnet. Wird eine Parallele zum Zielweg durch G hindurchgelegt, so kann an der äußeren Teilung der Kurswinkel, gemessen zur Hauptrichtung, abgelesen werden. Auf der Schreibscheibe befinden sich außerdem senkrecht zum aufgeschriebenen Zielweg parallele Linien, die einen einer bestimmten Strecke auf dem Zielweg entsprechenden Abstand voneinander haben. Mit einer Stoppuhr wird die

Bild 5. Grundlage des linearen Geräts.

G Mittelpunkt = Standort des Geräts
S Schlitten mit Schreibstift auf Lineal zum Einstellen der Entfernung in der Kartenebene
σ_M Seitenwinkel zum Meßpunkt
e_K Meßentfernung in der Kartenebene
CD Nullinie



Zeit, die der Schreibstift zum Durchlaufen des Abstandes zwischen zwei Linien braucht, gemessen. Durch Teilung der Strecke durch die Zeit ist dann die Zielgeschwindigkeit bekannt. Außer dieser Horizontalgeschwindigkeit kann in entsprechender Weise durch Aufzeichnen der Zielhöhe die Vertikalgeschwindigkeit bestimmt werden, falls das Flugzeug seine Höhe über dem Horizont ändert. Damit sind die zur Vorhaltrechnung notwendigen Unterlagen ermittelt.

Winkelgeschwindigkeitsgerät

Von ganz andern Voraussetzungen gehen die Winkelgeschwindigkeitsgeräte aus. Die Unterlagen für die Berechnung des Treffpunktes bilden bei diesen die zeitlichen Änderungen des Seiten- und Höhenwinkels und der Entfernung. Diese zeitlichen Änderungen sind im allgemeinen nicht konstant, sondern laufend veränderlich; nur im Falle eines Kreisfluges mit dem Gerätstandort als Mittelpunkt hat die Seitenwinkelgeschwindigkeit einen unveränderlichen Wert, während die Höhenwinkelgeschwindigkeit und die Entfernungsänderung gleich null sind. Werden die Winkelgeschwindigkeiten und die Entfernungsänderung demnach allgemein als alleinige Grundlagen der Vorhaltrechnung gewählt und während der Geschoßflugzeit als unveränderlich vorausgesetzt, so können für die verschiedenen Arten des Zielweges unzulässig große Fehler in der Berechnung des Treffpunktes auftreten. Dann wird die Berücksichtigung der Änderungen der Winkelgeschwindigkeiten während der Geschoßflugzeit durch Ermittlung der Winkelbeschleunigungen des Höhen- und Seitenwinkels sowie durch die Bestimmung der Beschleunigung der Entfernungsänderung notwendig. Mathematisch gesprochen, ist es in diesem Falle nötig, außer den ersten Ableitungen noch die zweiten Ableitungen des Höhen- und Seitenwinkels und der Entfernung nach der Zeit zu erfassen. Durch die Winkelbeschleunigungen ist eine Korrektur der in Rechnung zu stellenden Winkelgeschwindigkeiten möglich, die noch durch eine zweite Korrektur nötigenfalls verbessert werden kann, wenn man auch die dritten Ableitungen nach der Zeit ermittelt. Durch die Mechanik und die Konstruktion der Geräte ist jedoch dieser mehrfachen Bestimmung der zeitlichen Änderungen sehr bald eine Grenze gesetzt, die normalerweise eine über die Winkelbeschleunigungen hinausgehende Ermittlung der Ableitungen, auch wenn sie theoretisch erwünscht wäre, nicht zuläßt.

Zur Bestimmung der zeitlichen Änderungen im Kommandogerät kann man sich grundsätzlich der Umdrehungszähler oder Tachometer bedienen. An den Handrädern am Gerät, die zum Einstellen des Höhen- und Seitenwinkels und der Entfernung dienen, entspricht jeder Umdrehung je nach den zwischen dem Handrad und der Richtoptik liegenden Übersetzungen ein bestimmter Winkel- bzw. Entfernungsbetrag, so daß die Umdrehungszahlen dieser Handräder je Sekunde unmittelbar die Winkelgeschwindigkeiten oder Entfernungs-

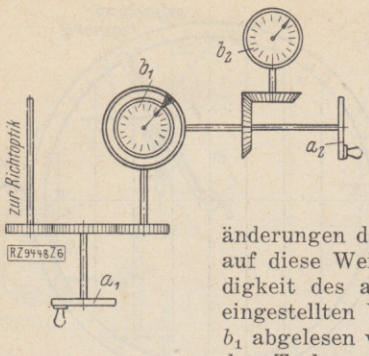


Bild 6
Grundlage des Winkelgeschwindigkeitsgeräts.
a_1, a_2 Handräder
b_1, b_2 Tachometer

änderungen darstellen. In Bild 6 kann auf diese Weise die Winkelgeschwindigkeit des am Handrad a_1 laufend eingestellten Winkels am Tachometer b_1 abgelesen werden. Mit dem Zeiger des Tachometers kann durch entsprechende Bedienung des Handrades a_2 der um den gleichen Mittelpunkt drehbare Gegenzeiger am Tachometer b_1 in Deckung gehalten werden, so daß sich dadurch das Handrad a_2 nach der Änderung der Winkelgeschwindigkeit dreht, die an einem besonderen Tachometer b_2 ihrerseits als Winkelbeschleunigung ablesbar gemacht werden kann. Auf diese Weise können die für die Vorhaltrechnung bei den Winkelgeschwindigkeitsgeräten notwendigen Unterlagen geschaffen werden.

Der Vergleich der Lösungen der ersten Teilaufgabe bei den beiden Gerätearten zeigt, daß, während bei den linearen Geräten die Lösung genau ist, bei den Winkelgeschwindigkeitsgeräten je nach der Anzahl der in Rechnung gesetzten zeitlichen Ableitungen und je nach der Art des Zielweges eine mehr oder weniger gute Annäherung an die wirklichen der Vorhaltrechnung zugrunde zu legenden Werte erreicht wird. Darin besteht der grundsätzliche, für die theoretische Genauigkeit ausschlaggebende Unterschied zwischen den linearen und Winkelgeschwindigkeitsgeräten.

Nachdem aus den laufend in das Gerät kommenden Meßpunktwerten die erforderlichen Rechengrundlagen für die Vorhaltrechnung in der beschriebenen Weise ermittelt worden sind, kann die

Berechnung des Treffpunktes

einsetzen. Deren Aufgabe ist, den Punkt im Raume zu suchen, den zu erreichen das Ziel vom Augenblick des Abschusses die gleiche Zeit braucht wie das Geschoß. Die Lösung ist nur durch ein fortlaufendes Näherungsverfahren möglich, das mit in erster Annäherung richtigen Werten beginnend, laufend verbesserte Werte gibt, bis das Ergebnis mit der mechanisch erfaßbaren Genauigkeit gefunden ist.

Da der Treffpunkt vom Abschußpunkt um die Auswanderungsstrecke entfernt ist, ist die Auswanderungsstrecke zu berechnen, und zwar bei den linearen Geräten durch Multiplikation der Zielgeschwindigkeit mit der zunächst noch unbekannten Geschoßflugzeit zum gesuchten Treffpunkt, bei den Winkelgeschwindigkeitsgeräten durch Multiplikation der Entfernungsänderung und der Winkelgeschwindigkeiten, die Korrekturen durch die Beschleunigungen enthalten können, mit der gleichen noch unbekannten Geschoßflugzeit. Zu Beginn der Näherungsrechnung ist nur der Meßpunkt bekannt und zufolge der Ballistik des Geschützes auch die Geschoßflugzeit zu diesem. Diese wird in erster Annäherung der gesuchten Geschoßflugzeit zum Treffpunkt gleichgesetzt und zur Multiplikation mit den Geschwindigkeiten verwendet. Dadurch ergibt sich ein erster Wert für die Auswanderungsstrecke und damit der Treffpunkt in erster Annäherung, zu dem nun aus der Ballistik des Geschützes die neue Geschoßflugzeit bestimmt werden kann. Diese Geschoßflugzeit ist gegenüber der zuerst verwendeten bereits verbessert worden und stellt die gesuchte in zweiter Annäherung dar. Durch Wiederholung der gleichen Rechnung ergibt sich ein neuer Treffpunkt, der auch wieder gegenüber dem vorigen verbessert ist und damit auch eine nochmals verbesserte Geschoßflugzeit liefert. In dieser Weise wird durch immer kleiner werdende Ergänzungen das Ergebnis laufend verbessert, bis die Verbesserungen kleiner sind, als sie das Gerät mechanisch erfassen kann. Dieser im einzelnen erläuterte Rechenvorgang spielt sich durch den mechanischen Schluß der Getriebe im Gerät augenblicklich ab und gibt unmittelbar die gesuchten Koordinaten des Treffpunktes an.

Die letzte Aufgabengruppe der Kommandogeräte dient der

Ballistik des Geschützes.

In ihr werden zu dem Treffpunkt aus Kurventafeln, Kurvenzylindern oder Kurvenkörpern die Geschoßflugzeit, die gleichzeitig in der Vorhaltrechnung Verwendung gefunden hat, der Aufsatzwinkel, die Drallkorrektur ermittelt. Dabei geben die Kurventafeln und Kurvenzylinder die gesuchten Werte in Abhängigkeit von zwei Veränderlichen an, die z. B. die waagerechte Entfernung zum Treffpunkt und die Höhe, oder die Höhe und der Höhenwinkel zum Treffpunkt, oder schließlich die waagerechte Entfernung und der Höhenwinkel zum Treffpunkt sein können. Während bei Verwendung von Kurventafeln und -zylindern je ein Bedienungsmann für den Aufsatzwinkel, die Geschoßflugzeit, den Drall notwendig ist, geschieht bei Verwendung von Kurvenkörpern die Bestimmung selbsttätig. Die Kurvenkörper stellen eine Art „mechanischer Schußtafel" dar, in denen die durch die Schußtafel des Geschützes gegebenen Beziehungen in Form von Polarkoordinaten aufgetragen sind. Die beiden Veränderlichen, die zur Bestimmung der gesuchten Größe gegeben sein müssen, werden bei diesen einerseits durch Verdrehen des Kurvenkörpers um seine Längsachse und anderseits durch Verschieben längs dieser mechanisch dargestellt, während der zu bestimmende Wert als der Halbmesser des Kurvenkörpers an dieser so festgelegten Stelle abgenommen wird.

Außer der Ermittlung der erwähnten Werte gehört die Bestimmung von Verbesserungen, die durch den Wind, die Luftdichte, die Pulverwärme, die Abweichung der Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses von der schußtafelmäßigen gegeben sind, zu den Aufgaben dieses Teiles der Kommandogeräte. Die rechnerische Erfassung dieser Verbesserungen ist mitunter nicht einfach und die Notwendigkeit der genauen Ausschaltung der Einflüsse umstritten, mit Rücksicht darauf, daß die Größe der störenden Einflüsse, z. B. der Wind, nie absolut genau in die Rechnung eingeführt werden kann. Es kommt hinzu, daß die genaue Erfassung dieser Verbesserungen im Gerät nur mit erheblichem Aufwand an Kurvenkörpern oder -zylindern und den dazugehörigen Getriebemechanismen möglich ist, ein Aufwand, der mit Rücksicht auf die durch den Gebrauch und die praktische Verwendung des Gerätes gestellten Anforderungen bedenklich ist.

Die theoretischen Grundlagen der bekannten ausgeführten Geräte sind sehr vielgestaltig. Von den linearen Geräten gibt es solche, bei denen der Zielweg im Gerät geometrisch nachgebildet wird und entweder in Polarkoordinaten oder rechtwinkligen Koordinaten weiter verarbeitet wird.

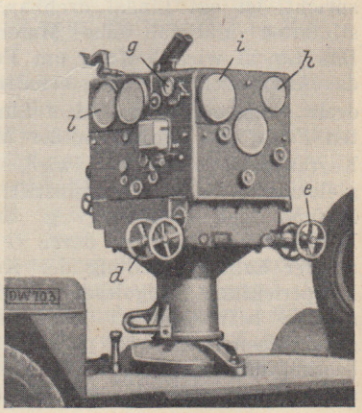


Bild 7
Amerikanisches Flak-Kommandogerät.
Wie es bedient wird, zeigt Bild 8.
Die Buchstaben stimmen mit den auf Bild 8 angegebenen überein.

Sperry

Andere wieder lösen die zwischen den Eingangswerten, dem Kurs und der Geschwindigkeit des Ziels und den gesuchten Vorhaltwerten geltenden mathematischen Beziehungen (vgl. Vickers-Gerät). Die Winkelgeschwindigkeitsgeräte sind ebenso wie die letzteren algebraische Geräte, in denen die gesuchten Vorhaltwerte durch mechanische Lösung der Reihenentwicklungen oder durch vereinfachte Näherungsverfahren gefunden werden. Die Bilder 7 und 8 zeigen ein lineares Gerät, das in der Flakwaffe der Vereinigten Staaten von Nordamerika unter dem Namen Sperry-Gerät eingeführt ist. Es gehört zu der Gruppe der Geräte, die in rechtwinkligen Koordinaten rechnen und die Komponenten der Flugzeuggeschwindigkeit in der Ost-West- und der Nord-Süd-Richtung der Vorhaltrechnung zugrunde legen.

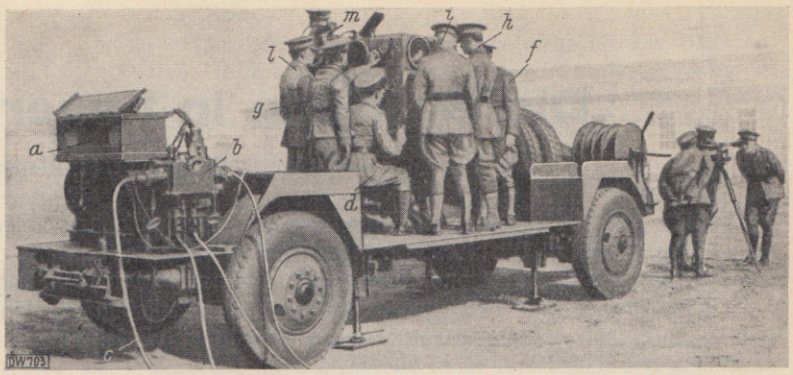


Bild 8. Amerikanisches Flak-Kommandogerät auf einem Kraftwagen-Anhänger.

Links auf dem Bild Maschinensatz:
a Instrumententafel *b* Kabel-Verteilerkasten *c* Verbindungskabel zu den Geschützen

Hinter *a* und *b* Benzinmotor mit Generator. In der Mitte Kommandogerät:
d Seitenrichtmann *e* Höhenrichtmann (nicht sichtbar) *f* Geschwindigkeitseinsteller der Ost-West-Komponente *g* Geschwindigkeitseinsteller der Nord-Süd-Komponente *h* Höheneinsteller (Höhenmesser steht getrennt) *i* Einsteller der Geschoßflugzeit *k* Einsteller des Treffseitenwinkels (nicht sichtbar) *l* Einsteller der Kartenentfernung zum Treffpunkt *m* Kommandogerätführer.

Rechts das Beobachtungs- und Zielgerät für den Batterieführer.

So groß wie die Anforderungen an Genauigkeiten nicht nur der Kommandogeräte, sondern auch der elektrischen Übertragungseinrichtungen, der Zünderstellmaschinen und nicht zuletzt der Geschütze der Batterie sind, sind auch die mechanischen Beanspruchungen durch die truppen- und exerziermäßige Behandlung. Für die Industrie ergeben sich hierdurch ganz neue Aufgaben: Schaffung von Geräten hoher Genauigkeit, Beschränkung auf den geringsten Aufwand an Gewicht und Umfang, damit bequeme Beförderungsmöglichkeit gewährleistet ist, und weitgehende Unempfindlichkeit gegen rauhe Behandlung, Verstauben und Erschütterung durch die Beförderung auf schlechter Straße. Aber nicht nur für die herstellende Industrie ergeben sich neue Aufgaben, sondern auch für die Truppe. Die Flakbatterie stellt höhere Anforderungen an die Intelligenz der Bedienungsmannschaft als irgend eine andere Waffengattung. Sie fordert vom Personal gründliches Verständnis für die Aufgaben des Flakschießens, der Geräte der Batterie und verlangt eine mehr oder weniger weitgehende Kenntnis des Aufbaues dieser Geräte. Weder die Industrie noch die Truppe kann diese Aufgaben, wenn sie ihnen von heute auf morgen zufallen sollten, in befriedigender Weise lösen. Beide brauchen eine nicht gering anzunehmende Zeit zur Umstellung und zur Sammlung der notwendigen Erfahrungen. Darum auch aus diesem Grunde: Vor allen Dingen: Flakschutz tut not!

(Dieser Beitrag ist ein berichtigter und teilweise ergänzter Nachdruck der Erstveröffentlichung in Z. VDI Bd. 77 (1933) S. 949.)