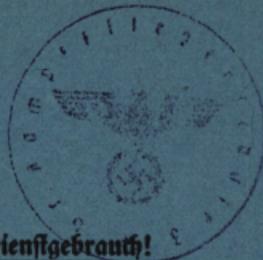


L.Dv. 8/1 (Entwurf)



Nur für den Dienstgebrauch!

Der Bombenwurf

Teil 1

Grundbegriffe des Bombenwurfs

April 1941

Dies ist ein geheimer Gegenstand im Sinne des § 88 Reichsstrafgesetzbuchs (Fassung vom 24. April 1934). Mißbrauch wird nach den Bestimmungen dieses Gesetzes bestraft, sofern nicht andere Strafbestimmungen in Frage kommen.

Dv. 8/1 (Entwurf)

Nur für den Dienstgebrauch!

Der Bombenwurf

Teil 1

Grundbegriffe des Bombenwurfs

April 1941

**Der Reichsminister der Luftfahrt
und
Oberbefehlshaber der Luftwaffe**

Berlin, den 1. April 1941

Der Chef des Ausbildungswesens

QC 7/L. In 2

Die Herausgabe der

L.Dv. 8 Der Bombenwurf

Teil 1: Grundbegriffe des Bombenwurfs,
wird hiermit genehmigt. Gleichzeitig tritt außer
Kraft L.Dv. 8 „Grundfälle des Bombenwurfs“
Ausgabe 1934.

S. U.

Kühl

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorbemerkungen	5
I. Allgemeines	7
A. Grundbegriffe	7
B. Zielgeräte	7
C. Wurfverfahren	8
II. Theorie des Bombenwurfs	9
A. Der Bombenwurf im luftleeren Raum	9
1. Die Fallzeit	9
2. Die Wurfweite	12
3. Der Vorhaltewinkel	13
B. Der Bombenwurf im ruhenden luftefüllten Raum	15
1. Der Einfluß der Luft auf die Wurfbahn (Fallzeit, Wurfweite)	15
2. Die Rücktrift	16
a) Die Rücktriftstrecke	16
b) Der Rücktriftwinkel	18
3. Der Vorhaltewinkel	19
4. Die Verarbeitung der Grundwerte im Zielgerät	20
C. Die Ballistik der Bombe	22
1. Der Luftwiderstand	22
2. Die Stabilisierung der Bombe	26
D. Der Bombenwurf im luftefüllten Raum bei Wind	27
1. Die Atmosphäre	27
2. Die Wurfbahn und der Zielanflug bei Mitz- und Gegenwind	27
3. Die Wurfbahn und der Zielanflug bei Seitenwind	30
a) Der Seitentriftwinkel	30
b) Der Zielanflug bei Seitenwind	31
c) Die Zielebenenneigung	33
4. Der Einfluß unregelmäßigen Windes auf die Wurfbahn	34
5. Wurf auf bewegliche Ziele	35
III. Anhang	37
A. Kurzzeichen	39

Abbildungen

- Abb. 1: Die Bombenzielgeräte GV 219, BZG 2 E und Lotfe 7 C
- Abb. 2: Bombenwurf aus einem Fesselballon und aus einem mit der Geschwindigkeit über Grund v_g fliegenden Flugzeug
- Abb. 3: Wurfweite X_0 im luftleeren Raum
- Abb. 4: Wurfweiten und Vorhaltwinkel in Abhängigkeit von der Höhe H und der Geschwindigkeit über Grund v_g
- Abb. 5: Wurfweiten und Vorhaltwinkel in Abhängigkeit von der Höhe H und der Geschwindigkeit über Grund v_g
- Abb. 6: Richtung des Luftwiderstandes auf die Bombe
- Abb. 7: Fallzeit, Wurfweite und Rücktritt der Bombe im Luftraum
- Abb. 8: Wurfbahn und Fallkurve der Bombe
- Abb. 9: Fallkurven für vertikal und horizontal aufgehängte Bomben
- Abb. 10: $R_{\%}$ -Werte und Abwurfrechengerät AR 3
- Abb. 11: Luftwiderstandsverlauf der SC 50 in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit
- Abb. 12: Bombenbilder SC 50, SC 250, SD 1000
- Abb. 13: Stabilisierung einer Bombe durch Steuerflächen
- Abb. 14: Wurfweiten bei Mit- und Gegenwind
- Abb. 15: Windeinfluß auf die Wurfweite
- Abb. 16: Seitentriftwinkel δ in Abhängigkeit vom Windeinfallsinkel w_e
- Abb. 17: Verlauf des Seitentriftwinkels δ in Abhängigkeit vom Windeinfallsinkel w_e
- Abb. 18: Beispiel eines Zielanfluges bei Seitenwind. Ermittlung des Seitentriftwinkels δ
- Abb. 19: Einfluß einer Kursänderung auf den Seitentriftwinkel δ
- Abb. 20: Bombenwurf bei Anflug mit Seitenwind
- Abb. 21: Bombenwurf bei Anflug mit Seitenwind
- Abb. 22 a: Zielanflug auf ruhendes Ziel bei Seitenwind
- Abb. 22 b: Zielanflug auf bewegtes Ziel bei Windstille
- Abb. 23: Horizontalanflug (s. Anhang)
- Abb. 24: Sturzflug (s. Anhang)

I. Allgemeines

A. Grundbegriffe

Um beim Bombenwurf ein bestimmtes Ziel zu treffen, muß die Bombe vom Flugzeug in einem ganz bestimmten Raumpunkt, dem Auslösepunkt, losgelöst werden. Dieser Punkt muß durch Messung mit Hilfe der Zielgeräte bei jedem Wurf besonders ermittelt werden. Das Zielgerät ermittelt den Winkel, unter dem die Bombe ausgelöst werden muß, damit ihre Wurfbahn im Ziel endet. Die Wurfbahn wird beeinflußt durch die Anfangsgeschwindigkeit und -richtung der Bombe, also durch die Flugzeugbewegung im Auslösepunkt, und durch die auf die Bombe während der Fallzeit wirkenden Kräfte (Erdbeschleunigung, Luftwiderstand, Wind, Antriebskräfte, z. B. Raketen). Voraussetzung zum Treffen ist also bei jedem Bombenwurf die Messung der Ausgangsgrößen der Wurfbahn (Geschwindigkeit gegenüber dem Ziel, Höhe und Anfangsrichtung) und die Berücksichtigung der nach dem Abwurf auf die Bombe wirkenden Einflüsse (z. B. Rücktritt, Raketenantrieb, ballistischer Wind, d. h. Mittelwert des Windes während der Fallzeit, Erddrehung usw.). Die Messung der Ausgangsgrößen der Wurfbahn erfolgt mit Hilfe der Bombenzielgeräte und der Hilfsgeräte, z. B. Höhenmesser (Fallzeitenmessbombe). Die Berücksichtigung der Einflüsse, z. B. der Rücktritt, kann durch Einstellung am Zielgerät auf Grund der Fahrtmesseranzeige an Hand von Tabellen erfolgen. Alle diese gegebenen Größen verarbeitet das Zielgerät zu dem zum Treffen erforderlichen Vorhalt, d. h. es wird der richtige Anflugweg und der Vorhalterwinkel bestimmt, unter dem die Bombe ausgelöst werden muß.

B. Zielgeräte

Man unterscheidet mechanische und optische Zielgeräte (Bombenvisiere). Die mechanischen Zielgeräte besitzen in üblicher Weise Klinke und Korn. Sie sind billig und in Bau und Bedienung verhältnismäßig einfach, aber weniger genau als die optischen Geräte.

Ein mechanisches Zielgerät ist das „Goerz-Bombenvisier GV 219“ (Abb. 1). Die mechanischen Zielgeräte sind heute durch optische Zielgeräte ersetzt, da sie den Forderungen für den Wurf aus großen Höhen, nach Vergrößerung des Zielgeländes und guter Stabilisierung des Abkommens nicht mehr entsprechen.

Die optischen Geräte sind Fernrohre. Klinke und Korn sind durch ein

stabilisiertes Fadenkreuz ersetzt. Die neuzeitlichen optischen Geräte unterscheiden sich von den mechanischen Geräten vor allem durch selbsttätige Messung und Berücksichtigung der Flugzeuggeschwindigkeit gegenüber dem Ziel.

Um in den Fällen, in denen das Blickfeld zu klein (Tiefflug) oder die Optik zu lichtschwach ist (Nachtflug), zielen zu können, sind sie zusätzlich mit mechanischen Hilfsvisioren ausgerüstet.

Auf Grund der Messverfahren unterscheidet man:

- Zielgeräte nach dem Verfahren der Durchgangsmessung z. B. **Bomberzielgerät BZG 2** (Abb. 1).

Hierbei wird das Ziel bzw. Hilfsziel nacheinander unter 2 verschiedenen Winkeln anvisiert und die Zeit zwischen den beiden Ziel durchgängen von dem Zielgerät selbsttätig zur Bestimmung des Tiefenvorhaltes berechnet.

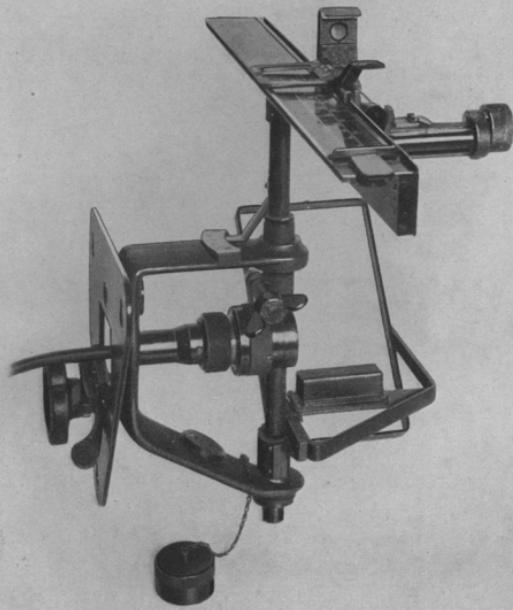
- Zielgeräte nach dem Verfahren der laufenden Geschwindigkeitsmessung (Synchrongeräte), z. B. **Lotfernrohr Lotfe 7** (Abb. 1).

Hierbei wird der Visierstrahl des Zielgerätes bei richtiger Geschwindigkeitsermittlung gegenüber dem Ziel mit der gleichen Geschwindigkeit gekippt, wie der Blickwinkel zum Ziel sich ändert. In diesem Falle hat der Bombenschütze den Eindruck, daß das Fadenkreuz auf dem Ziel ruht. Einzelheiten der Bedienung, der Arbeitsweise und des Aufbaues der genannten Zielgeräte ergeben sich aus den „Gerätebeschreibungen“, die in der L. Dv. 1/6 Heft 1 zusammengestellt sind.

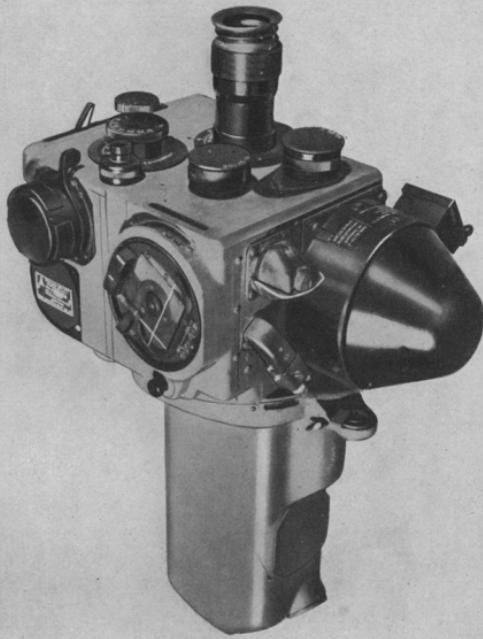
C. Wurfverfahren

Man unterscheidet nach der Art des Anfluges folgende Wurfverfahren:

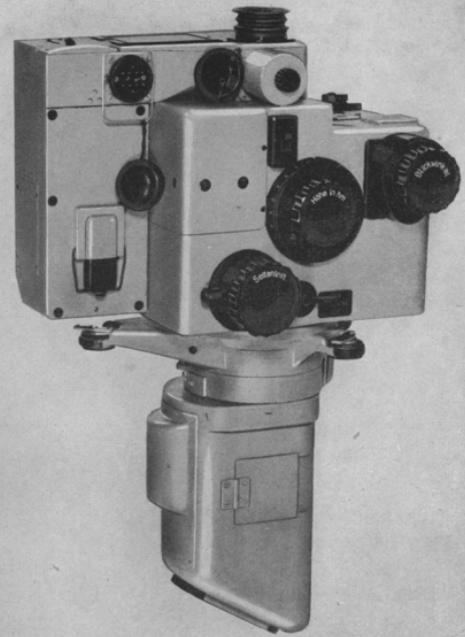
1. Wurf aus dem Horizontalflug,
 - a) im Hochangriff,
 - b) im Tiefangriff;
2. Wurf aus dem Gleitflug (Sinkgeschwindigkeit 5 bis 15 m/s, Gleitwinkel 5 bis 20°, gegen den Horizont gemessen);
3. Wurf aus dem Sturzflug,
 - a) flacher Sturz, 20 bis 50°
 - b) steiler Sturz, 50 bis 90° } (gegen den Horizont gemessen).



GV 219 d



BZG 2 E



Lotfe 7 c

Abb. 1: Die Bombenzielgeräte GV 219, BZG 2 E und Lotfe 7 C

II. Theorie des Bombenwurfs

A. Der Bombenwurf im luftleeren Raum

1. Die Fallzeit:

In luftleeren Raum fallen alle Körper gleich schnell mit stets steigender Geschwindigkeit, unabhängig von der Form, dem Gewicht und von der Oberflächenbeschaffenheit der Körper; d. h. in gleichen Zeiten durchfallen alle Körper gleiche Strecken.

Die Fallgeschwindigkeit wächst während des Falles stetig. Sie nimmt in jeder Sekunde um 9,81 m zu. Wenn T_0 die Zahl der Sekunden ist, die seit dem Fallenlassen des Körpers verflossen sind, so erreicht die Geschwindigkeit v_v des senkrechten Falles nach T_0 Sekunden den Betrag

$$v_v = 9,81 \cdot T_0 \text{ (m/sec.)} \quad (1)$$

Als Fallgeschwindigkeit ergeben sich folgende Werte:

- nach $T_0 = 1$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 1 \cdot 9,81 = 9,81$ m/sec.
- nach $T_0 = 2$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 2 \cdot 9,81 = 19,62$ m/sec.
- nach $T_0 = 3$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 3 \cdot 9,81 = 29,43$ m/sec.
- nach $T_0 = 4$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 4 \cdot 9,81 = 39,24$ m/sec.
- nach $T_0 = 5$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 5 \cdot 9,81 = 49,05$ m/sec.
- nach $T_0 = 6$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 6 \cdot 9,81 = 58,86$ m/sec.
- nach $T_0 = 8$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 8 \cdot 9,81 = 78,48$ m/sec.
- nach $T_0 = 10$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 10 \cdot 9,81 = 98,10$ m/sec.
- nach $T_0 = 20$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 20 \cdot 9,81 = 196,20$ m/sec.
- nach $T_0 = 30$ sec. ist die Geschwindigkeit $v_v = 30 \cdot 9,81 = 294,30$ m/sec.

Beim Bombenwurf aus dem waagerecht fliegenden Flugzeug kann man sich die Bewegung der Bombe aus einer horizontalen und einer vertikalen Bewegung zusammengesetzt denken. Letztere ist (die Möglichkeit des Fliegens im luftleeren Raum vorausgesetzt) die gleiche wie beim Fallenlassen der Bombe aus einem ruhig stehenden Ballon (Abb. 2).

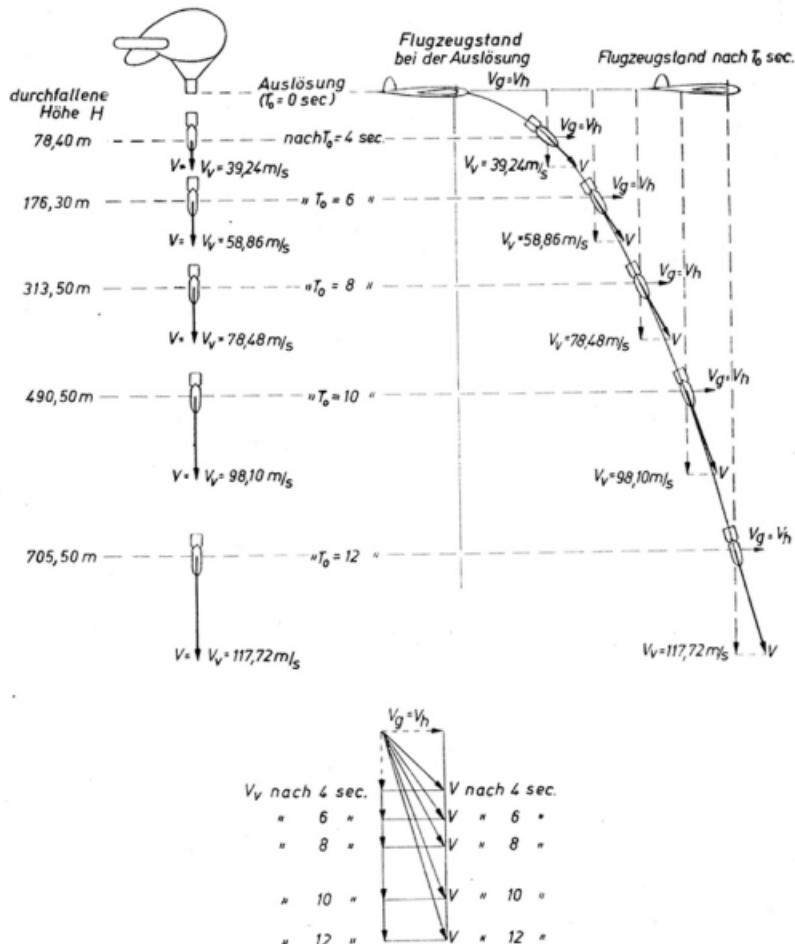


Abb. 2: Bombenwurf aus einem Zesselballon und aus einem mit der Geschwindigkeit über Grund v_g fliegenden Flugzeug

Im Augenblick der Auslösung hat die Bombe die senkrechte Geschwindigkeit $v_v = 0$. Nach einer Anzahl von T_0 sec. hat sie die senkrechte Geschwindigkeit $v_v = 9,81 \cdot T_0$. Da es sich um eine gleichförmig beschleunigte Bewegung handelt, ist die mittlere Geschwindigkeit gleich der Hälfte von Anfangsgeschwindigkeit + Endgeschwindigkeit, in diesem Fall:

$$v_{v \text{ mittel}} = \frac{0 + 9,81 \cdot T_0}{2}.$$

Da die Bombe T_0 sec. fällt, ist der zurückgelegte Weg = mittlere Geschwindigkeit mal Zeit, d. h.

$$H = \left(\frac{0 + 9,81 T_0}{2} \right) \cdot T_0$$

(wobei der eingeklammerte Ausdruck den Wert für $v_{v \text{ mittel}}$ darstellt),

$$H = \frac{9,81}{2} \cdot T_0^2. \quad (2)$$

9,81 stellt die zahlenmäßige Größe der Erdbeschleunigung g in m/sec^2 dar.

Nach $T_0 = 1$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 4,90$ m
nach $T_0 = 2$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 19,60$ m
nach $T_0 = 3$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 44,40$ m
nach $T_0 = 4$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 78,40$ m
nach $T_0 = 5$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 122,50$ m
nach $T_0 = 10$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 490,50$ m
nach $T_0 = 20$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 1962,00$ m
nach $T_0 = 30$ sec. ist der durchfallene Weg $H = 4414,50$ m

Dadurch ist die Beziehung zwischen Höhe und Fallzeit gegeben.
Je größer die Höhe, desto länger die Fallzeit.

2. Die Wurfweite:

Wäre es möglich, mit einem Flugzeug im luftleeren Raum zu fliegen, so könnte man folgendes beobachten:

- Die Bombe befindet sich in jedem Augenblick senkrecht unter dem Flugzeug, da in Flugrichtung auf die Bombe keine hemmenden Kräfte einwirken.
 - Die Bombe fällt gleichzeitig nach unten, da auf die Bombe die Schwerkraft der Erde wirkt.
- Die durchfallene Höhe wächst unabhängig von der Geschwindigkeit des Flugzeuges nach der Formel:

$$H = \frac{9.81}{2} \cdot T_0^2.$$

Die horizontale Strecke von der Auslösung der Bombe bis zum Einschlag ist die **Wurfweite** X_0 (Abb. 3).

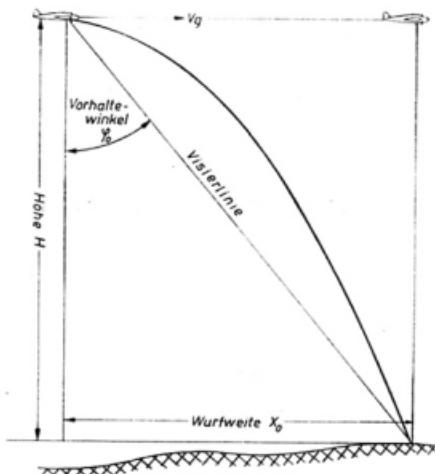


Abb. 3: Wurfweite X_0 im luftleeren Raum

Da sich die Bombe immer senkrecht unter dem Flugzeug befindet, entspricht die Wurfweite X_0 im luftleeren Raum dem in der Fallzeit zurückgelegtem Weg des Flugzeuges über Grund

$$X_0 = v_g \cdot T_0. \quad (3)$$

Hieraus erkennt man:

Die Wurfweite wird um so größer,

1. je größer die Geschwindigkeit des Flugzeuges über Grund v_g ist,
2. je größer die Höhe H (längere Fallzeit T_0) ist (Abb. 4).

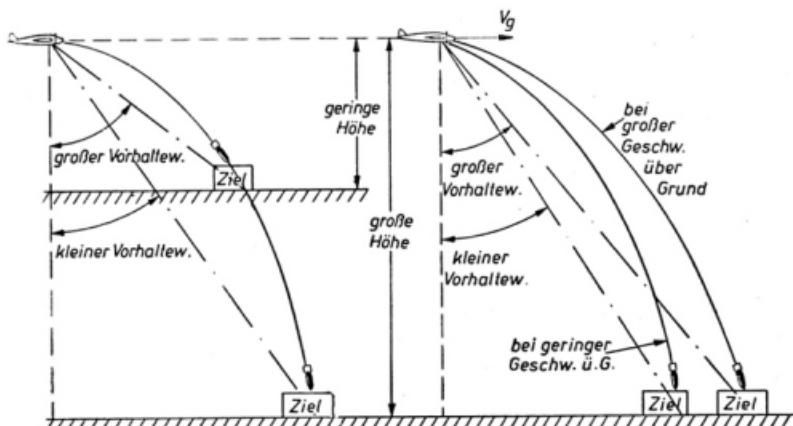


Abb. 4: Wurfweiten und Vorhaltewinkel in Abhängigkeit von der Höhe H und der Geschwindigkeit über Grund v_g

3. Der Vorhaltewinkel:

Soll ein Ziel getroffen werden, so muß die Bombe um den Betrag der Wurfweite X_0 vor dem Ziel ausgelöst werden (Vorhalt). Da man vom Flugzeug aus eine Strecke auf dem Erdboden nicht unmittelbar messen kann, muß der Vorhalt durch einen Winkel ausgedrückt werden. Die Winkelmeßung wird auf das Lot (Richtung der Schwerkraft der Erde) bezogen, da sich dieses im Flugzeug am einfachsten verwirklichen läßt (Pendel, Kreisel).

Der Winkel zwischen dem Lot und der Bissierlinie zum Ziel im Auslösepunkt ist der Vorhaltewinkel φ . (Abb. 3).

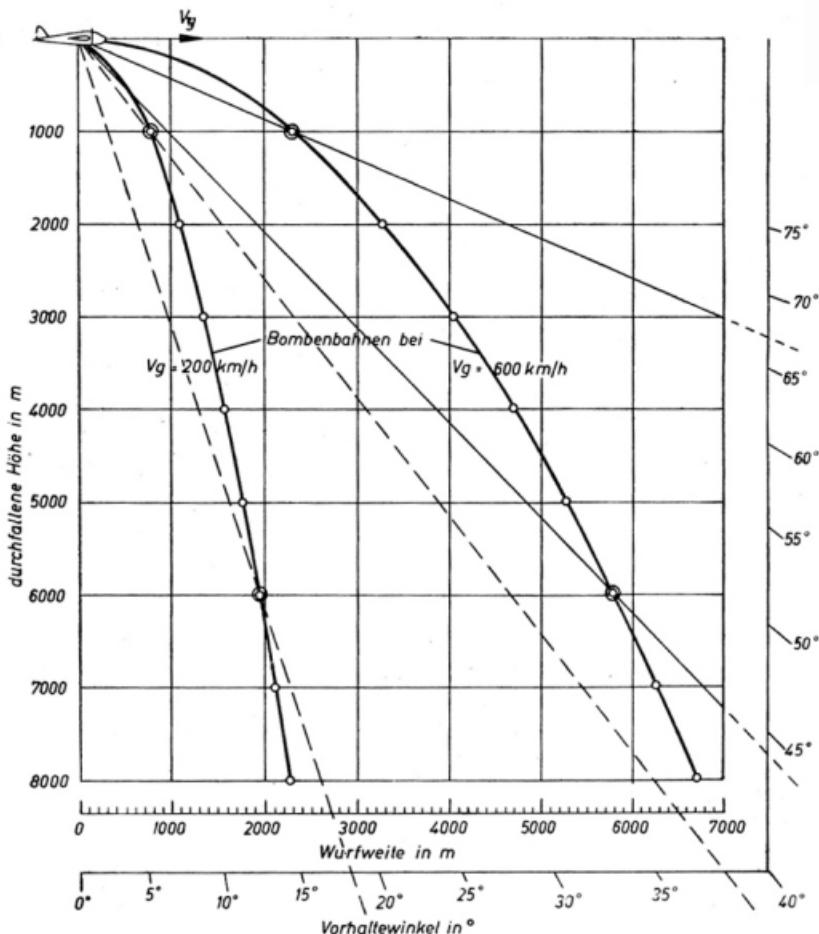


Abb. 5: Wurfweiten und Vorhaltewinkel in Abhängigkeit von der Höhe H und der Geschwindigkeit über Grund v_g

Beispiel: In 1000 m Höhe ist bei einer Geschwindigkeit von

v_g :	200 km/h	600 km/h
die Wurfweite:	790 m	2380 m

der Vorhaltewinkel 38° 67°

In 6000 m Höhe ist bei einer Geschwindigkeit von

v_g :	200 km/h	600 km/h
die Wurfweite:	1940 m	5820 m

der Vorhaltewinkel 18° 44°

Die Beziehung des Vorhaltewinkels φ_0 zur Wurfweite X_0 und zur Höhe über dem Ziel H sind:

$$1) \quad \operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{\text{Wurfweite}}{\text{Höhe}} = \frac{X_0}{H}.$$

Da die Wurfweite gleich Flugzeuggeschwindigkeit über Grund v_g mal Fallzeit T_0 ist (siehe Formel 3), gilt im luftleeren Raum auch

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{v_g \cdot T_0}{H}^2. \quad (4)$$

Hieraus erkennt man:

Der Vorhaltewinkel wird

1. größer, je größer die Geschwindigkeit des Flugzeuges über Grund v_g bzw. gegenüber dem sich bewegenden Ziel v_r ist,
2. kleiner, je größer die Höhe H ist (Abb. 4, 5).

B. Der Bombenwurf im ruhenden luftefüllten Raum

1. Der Einfluß der Luft auf die Wurfbahn (Fallzeit, Wurfweite).

Die Luft setzt der Bewegung eines Körpers entsprechend seiner Geschwindigkeit v einen Widerstand entgegen (dieser wirkt jeweils in Richtung der Bahntangente) (Abb. 6). Dieser Luftwiderstand bewirkt, daß die Bombe hinter dem mit gleichbleibender Geschwindigkeit und Richtung weiterfliegenden Flugzeug zurückbleibt, d. h. im

¹⁾ Unter dem Tangens eines Winkels (z. B. $\operatorname{tg} \varphi_0$) versteht man in einem rechtwinkligen Dreieck das Verhältnis: gegenüberliegende Seite des Winkels zur kleineren anliegenden Seite des Winkels. In diesem Falle:

$$\frac{\text{Wurfweite } X_0 \text{ in m}}{\text{Höhe } H \text{ in m}} \quad (\text{Abb. 3}).$$

Aus dem sich hieraus ergebenden Zahlenwert läßt sich der Winkel in Grad aus einer Tangentstabellen ablesen.

²⁾ Beim allgemeinen Fall, bei dem das Ziel selbst eine Geschwindigkeit v_r hat, ist nicht mehr die Geschwindigkeit über Grund v_g , sondern die Relativgeschwindigkeit gegenüber dem Ziel v_r maßgebend. Die allgemeine Formel für den Vorhaltewinkel ist demnach

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{v_r \cdot T_0}{H}.$$

Die Formel (4) gilt für den Sonderfall, daß das Ziel ruht, in diesem Falle wird $v_r = v_g$.

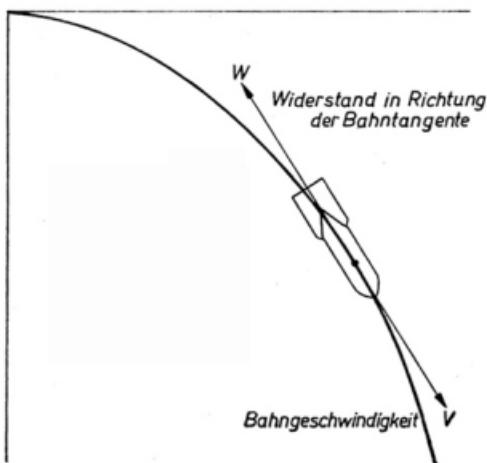


Abb. 6: Richtung des Luftwiderstandes auf die Bombe

lifterfüllten Raum ist unter gleichen Abwurfsbedingungen die Wurfweite X geringer als die Wurfweite X_0 im luftleeren Raum. Dieses Zurückbleiben der im Luftraum abgeworfenen Bombe gegenüber der im luftleeren Raum abgeworfenen Bombe erfolgt nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung. Das bedeutet, daß bei gleicher Fallhöhe die Fallzeit im luftfüllten Raum länger ist als im luftleeren Raum (Abb. 7).

2. Die Rücktrift:

a) Die Rücktriftstrecke.

Die horizontale Strecke, um die die Bombe im Augenblick des Einschlags hinter dem Fußpunkt des Lotes vom Flugzeug zurückbleibt, ist die Rücktriftstrecke R . Die Wurfweite der Bombe X ergibt sich also aus dem Weg des Flugzeuges über Grund während der Fallzeit $v_g \cdot T$, vermindert um die Rücktriftstrecke R , d. h.

$$X = v_g \cdot T - R. \quad (5)$$

Im Fall des ruhenden Luftraumes ist die Geschwindigkeit über Grund v_g gleich der Eigengeschwindigkeit v_e :

$$v_g = v_e.$$

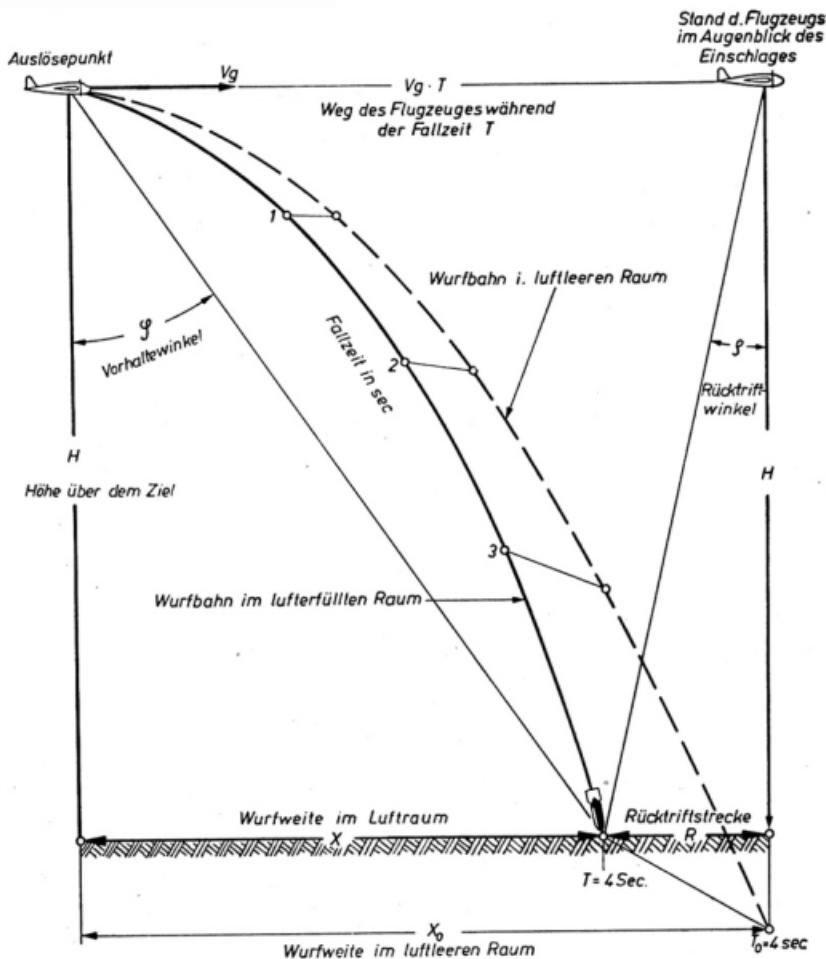


Abb. 7: Fallzeit, Wurfweite und Rücktrift der Bombe im Luftraum

Die Größe der Rücktriftstrecke R ist abhängig:

1. von der Geschwindigkeit des Flugzeuges gegen Luft: v_e . Je größer die Geschwindigkeit v_e , desto größer die Rücktriftstrecke;
2. von der Abwurfhöhe H . Je größer die Höhe, desto größer die Rücktriftstrecke;

3. von Gewicht, Form und Größe der Bombe. Die Verschiedenartigkeit der genannten Größen ergibt im allgemeinen bei sonst gleichen Abwurfsbedingungen verschiedene Rücktriftstrecken;
4. von der Art der Aufhängung (horizontal oder vertikal). Vertikal aufgehängte Bomben haben bei sonst gleichen Abwurfsbedingungen infolge der anfänglichen Pendelbewegung größeren Luftwiderstand und damit auch größere Rücktriftstrecken.

b) Der Rücktriftwinkel.

Der Winkel, um den die Bombe, vom Flugzeug aus gesehen, gegen das Lot gemessen zurückbleibt, heißt der Rücktriftwinkel ρ . Er behält bei horizontal aufgehängten Bomben erfahrungsgemäß seinen Wert während des Fallens annähernd bei. Vom Flugzeug aus betrachtet fällt die Bombe also auf einer nach hinten geneigten Linie (Abb. 8), der Fallkurve.

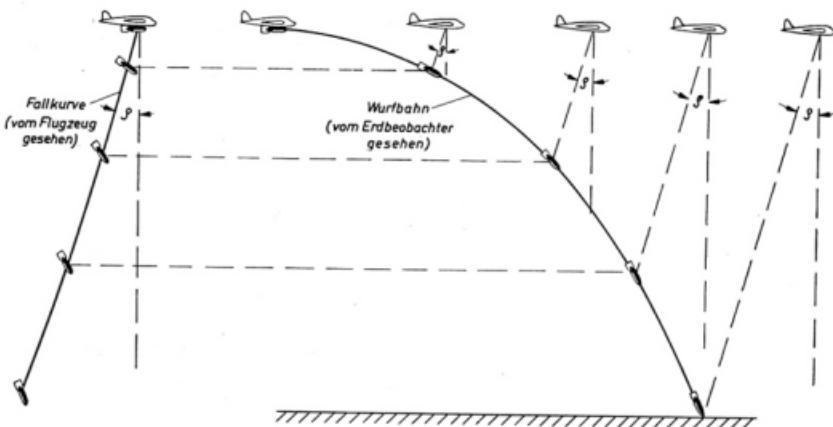


Abb. 8: Wurfbahn und Fallkurve der Bombe

Es sind also zwei Flugbahnbilder zu unterscheiden:

- das, welches der Erdbeobachter sieht, die Wurfbahn, und
- das, welches ein Beobachter vom Flugzeug aus sieht, nämlich eine unter dem Rücktrittwinkel φ entgegen der Flugrichtung geneigte Linie, die Fallkurve (Abb. 8).

Bei vertikal aufgehängten Bomben ist der Winkel anfangs größer und nimmt mit zunehmender Höhe langsam ab (Abb. 9).

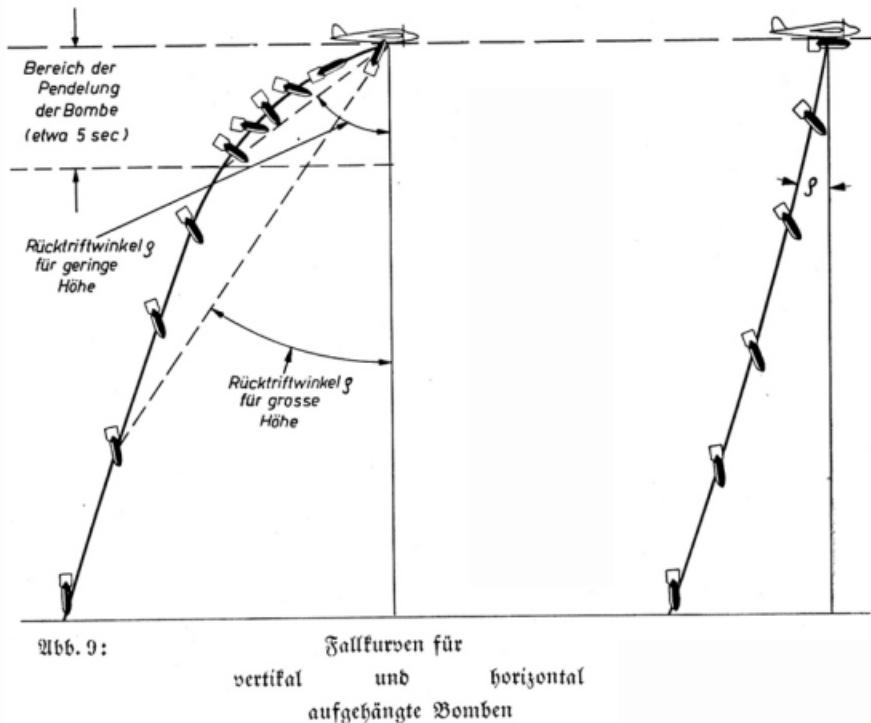


Abb. 9:

Fallkurven für
vertikal und horizontal
aufgehängte Bomben

3. Der Vorhaltewinkel.

Der Ausdruck für den Vorhaltewinkel ergibt sich aus dem Verhältnis von Wurfweite X zur Höhe H durch die Formel

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{H}.$$

Die Wurfweite X ergibt sich andererseits aus:

$$X = v_g \cdot T - R.$$

Man erhält also:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_g \cdot T}{H} - \frac{R}{H} \quad 1)$$
 (6)

4. Die Verarbeitung der Grundwerte im Zielgerät

Die Zielgeräte ermitteln nach Einstellung der Höhe H selbsttätig die Geschwindigkeit über Grund v_g (bzw. v_r) und damit die Größe $\frac{v_g \cdot T}{H}$.

Die Rücktrift muß für die verschiedenen Bombenarten gesondert in das Zielgerät eingeführt werden, und zwar in der Form $\frac{R}{H}$, entsprechend der Formel (6). Diese auf die Höhe bezogene Rücktrift wird in Prozenten der Höhe zahlenmäßig angegeben und heißt $R\%$. Diese $R\%$ -Werte werden dem Bombenschützen in Form von Tabellen oder Rechentafeln [Abwurfrichtergerät AR. 2 oder AR. 3 bzw. D (Luft) 5201 oder D (Luft) 5201a] gegeben. Um ihm die Umrechnung der vom Fahrtmesser angezeigten Geschwindigkeit v_a in die Eigengeschwindigkeit v_e entsprechend Höhe und Temperatur zu ersparen, werden die Rücktriftwerte in Abhängigkeit von v_a angegeben (Abb. 10).

Z. B. ergibt sich für die Bombe SC 250 beim Abwurf aus einer Höhe von 4000 m und einer Fahrtmesseranzeige $v_a = 300 \text{ km/h}$ eine Rücktriftstrecke von 292 m. Um Zielgerät muß also eingestellt werden:

$$\frac{R}{H} = \frac{292 \text{ m}}{4000 \text{ m}} = 0,073,$$

$$R\% = \frac{R}{H} \cdot 100 = 7,3\%.$$

1) Bzw.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_r \cdot T}{H} - \frac{R}{H}$$

für den Fall, daß das Ziel eine eigene Geschwindigkeit v_z hat.

$R_{\%}$ -Werte für SC 250 (Horizontalaufhängung)

v_a (km/h)	Höhe über dem Ziel in m							
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
200	3,0	3,4	3,9	4,3	4,7	5,0	5,4	5,7
250	4,2	4,7	5,2	5,7	6,2	6,6	7,1	7,6
300	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,4	9,0	9,6
350	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,4	11,1	11,8
400	8,7	9,5	10,2	11,0	11,8	12,6	13,5	14,3
450	10,5	11,3	12,2	13,2	14,1	—	—	—
500	12,6	13,5	14,5	—	—	—	—	—

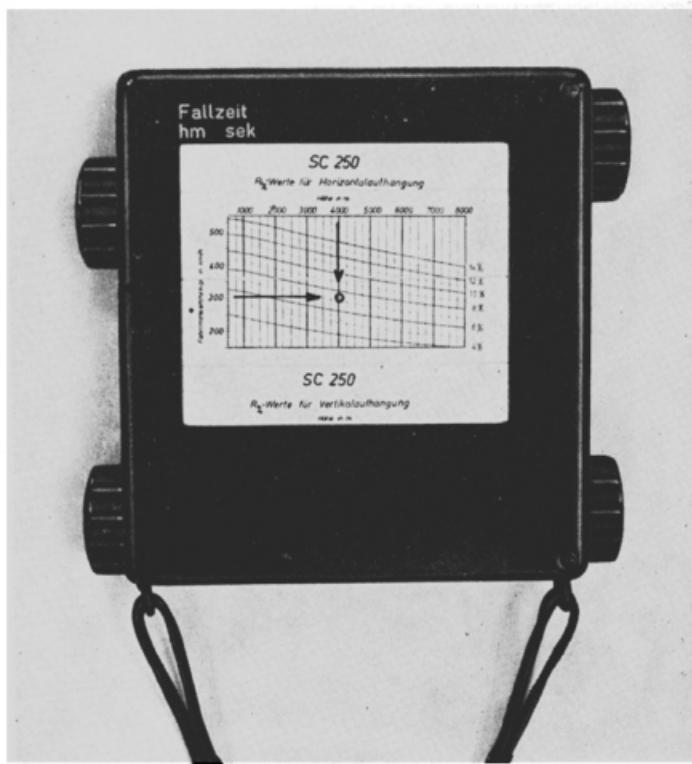


Abb. 10: $R_{\%}$ -Werte und Abwurfrechengerät AR. 3

C. Die Ballistik der Bombe

1. Der Luftwiderstand:

Der auf die Bombe wirkende Luftwiderstand W ist von folgenden Größen abhängig:

1. von der Bahngeschwindigkeit der Bombe v
2. von der Form der Bombe
3. von der Oberflächenbeschaffenheit der Bombe
4. von der Querschnittsbelastung G/F
5. vom Winkel zwischen Wurfbahntangente und Bombenlängsachse
6. vom Luftgewicht

Zu 1. Je größer die Geschwindigkeit v , um so größer ist der auf die Bombe wirkende Widerstand W der Luft, und zwar wächst der Luftwiderstand annähernd mit dem Quadrat der Geschwindigkeit bis zu etwa 270 m/sec. Bei größeren Geschwindigkeiten v wächst der Luftwiderstand W entsprechend stärker (Abb. 11).

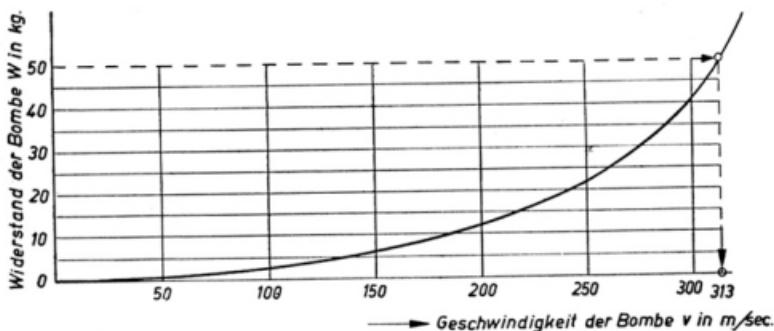


Abb. 11: Luftwiderstandsverlauf der SC 50 in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit

Zu 2. Den geringsten Widerstand würde im Bereich der Unterschallgeschwindigkeit¹⁾ eine Bombe mit Tropfenform haben. Im Bereich der Überschallgeschwindigkeit ist dagegen eine spitze Kopfform günstiger. Zur Erhöhung der Durchschlagskraft wird dem Kopf der Bombe eine spitze Form gegeben wie beim Artilleriegeschoss. Um bei

¹⁾ Die Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt bei einer Temperatur von +20° C: 344 m/sec.

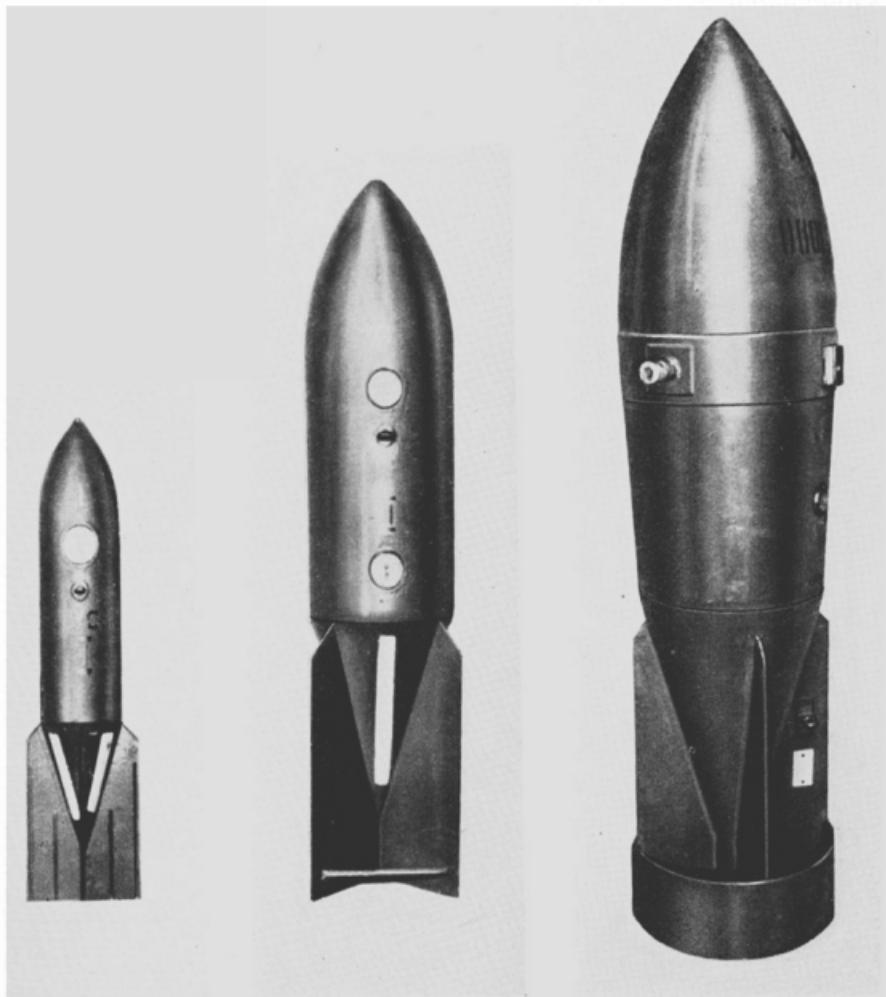


Abb. 12: Bombenbilder SC 50, SC 250, SD 1000

Unterschallgeschwindigkeit ein möglichst wirbelfreies Abströmen der Luft am hinteren Teil der Bombe zu gewährleisten, ist der Bombenschwanz kegelförmig ausgebildet. (Starke Wirbel erhöhen den Widerstand.) (Abb. 12.)

Zu 3. Je rauher die Oberfläche ist, um so größer ist die Reibung der Luft und damit auch der Luftwiderstand. Deshalb muß die Bombe eine möglichst glatte Oberfläche haben.

Zu 4. Je größer das Gewicht G bei gegebener Querschnittsfläche F ist, desto geringer ist die Wirkung des Luftwiderstandes auf die Bewegung der Bombe. Wirft man z. B. eine Holzbombe und eine Bleibombe, die beide gleiche Form haben, ab, so wird die Bleibombe infolge des größeren Gewichtes G bei gleichem Querschnitt F einen geringeren Einfluß des Luftwiderstandes erfahren. Das Verhältnis $\frac{G}{F}$ nennt man Querschnittsbelastung. Je größer die Querschnittsbelastung, desto geringer die Einwirkung des Luftwiderstandes. Um also der Bombe eine möglichst große Geschwindigkeit v und damit größere Durchschlagskraft zu geben, muß die Querschnittsbelastung G/F groß gemacht werden.

Als Beispiel sollen die Bomben SC 50, SD 500, und SD 1000 dienen. Die $R_{\%}$ -Werte (gleiche Abwurfbedingungen vorausgesetzt) sind ein Maß für die Größe der Einwirkung des Luftwiderstandes.

Bombenart	SC 50	SD 500	SD 1000
Gewicht G in kg	50	500	1000
Querschnittsfläche F in m^2	0,0314	0,1230	0,1950
Querschnittsbelastung G/F in kg/m^2	1600	4060	5100
$R_{\%}$ -Werte bei $v_a = 300 \text{ km/h}$ und $H = 4000 \text{ m}$	6,2%	4,5%	3,7%

Die Einwirkung des Luftwiderstandes ist also am geringsten bei der SD 1000 und am größten bei der SC 50.

Zu 5. Der Luftwiderstand auf die Bombe ist am geringsten, wenn sie in Richtung ihrer Längsachse angestromt wird. Liegt die Bombenlängsachse schräg zur anströmenden Luft (z. B. während des Einpendelungsvorganges nach der Auslösung vertikal aufgehängter Bomben) (Abb. 9), so ergibt sich folgendes:

1. die Widerstandsfläche wird vergrößert,
2. die Luftströmung liegt nicht mehr glatt an der Bombe an, sondern löst sich unter Wirbelsbildung vom Bombenkörper ab, wodurch der Widerstand erhöht wird.

Zu 6. Je dichter das Widerstandsmittel ist, in dem sich ein Körper bewegt, um so größer ist der Widerstand. Z. B. ist der Widerstand (unter gleichen Bedingungen) in Wasser größer als in Luft. Da die Luftdichte vom Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängt, ist auch die Größe des Luftwiderstandes W von diesen Werten abhängig. Die Luftdichte nimmt mit zunehmender Höhe H ab. Je größer die Luftdichte, um so größer der Luftwiderstand W .

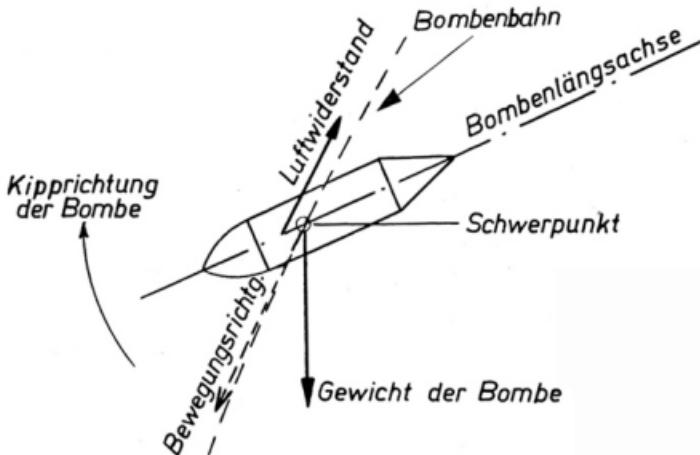
Der Luftwiderstand W wirkt sich auf die Bewegung der Bombe verzögernd aus. Während im luftleeren Raum die Geschwindigkeit v unbegrenzt zunehmen würde, wächst sie im luftfüllten Raum (genügende Fallhöhe H vorausgesetzt) bis zur Grenzgeschwindigkeit v_{∞} , bei der die Komponente des Luftwiderstandes W in Richtung der Schwerkraft gleich dem Gewicht G der Bombe wird. Beim weiteren Fall verlangsamt sich die Geschwindigkeit wieder, da die Bombe in Zonen größerer Luftdichte kommt, in denen die Bewegung der Bombe stärker abgebremst wird. Für die SC 50 wird die Grenzgeschwindigkeit v_{∞} , bei einem Wurf aus etwa 8000 m Höhe mit einer $v_e = 360 \text{ km/h}$, gerade am Boden erreicht. Sie beträgt bei der SC 50 in diesem Fall ungefähr 313 m/sec. (Abb. 11)

2. Die Stabilisierung der Bombe.

Um zu erreichen, daß die Bombe mit der Spitze aufschlägt, muß sie durch Steuerflächen so stabilisiert werden, daß die Bombenlängsachse in die jeweilige Bahntangente zeigt.

Folgende Betrachtung dient zur Erläuterung (Abb. 13):

Bombe ohne Steuerflächen. Die Bombe überschlägt sich.



Bombe mit Steuerflächen. Die Bombe überschlägt sich nicht, die Bombenlängsachse liegt in der Bahntangente (Bewegungsrichtung)

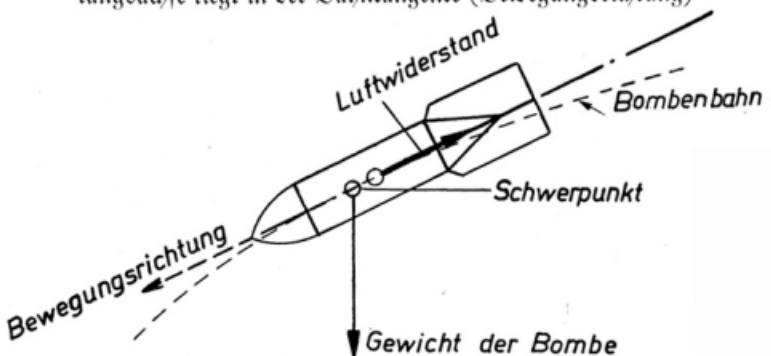


Abb. 13: Stabilisierung einer Bombe durch Steuerflächen

Wirken zwei Kräfte an verschiedenen Stellen eines Körpers, z. B. das Gewicht G und der Luftwiderstand W , so erfährt der Körper ein Kippmoment. Die Folge ist eine der eigentlichen Fallbewegung überlagerte Kippbewegung.

Um einen stabilen Flug der Bombe zu bekommen (was für die Treffsicherheit unbedingt notwendig ist), darf die Kippbewegung nicht so sein, daß sich die Bombe während ihres Falles überschlägt, vielmehr darf sie nur so viel um ihren Schwerpunkt kippen, daß die Längsachse immer in der Tangente der Flugbahn liegt. Dies geschieht durch Steuerflächen am hinteren Teil der Bombe und durch eine solche Gewichtsverteilung und Formgebung, daß der Schwerpunkt um eine gewisse Strecke vor dem Angriffspunkt der Luftkräfte liegt. Geschosse ohne Steuerflächen überschlagen sich unter dem Einfluß von Schwerkraft und Luftwiderstand, wenn sie nicht durch andere Mittel, wie den Drall z. B., daran verhindert werden.

D. Der Bombenwurf im luftersättigten Raum bei Wind

1. Die Atmosphäre.

Die Luft ist selten vollkommen ruhig. Druck- und Wärmeunterschiede sind die Ursachen dafür, daß sich auf der Erdoberfläche große Luftmassen verschieben und Winde entstehen. Der Wind hat in verschiedenen Höhen verschiedene Richtungen und Stärken. Die größten Unterschiede in der Stetigkeit des Windes herrschen stets in der Nähe der Erdoberfläche.

Grundsätzlich sind beim Bombenwurf zu unterscheiden:

- die Wurfbahn mit Gegen- bzw. Mitwindeinfluß,
- die Wurfbahn mit Seitenwindeinfluß.

2. Die Wurfbahn und der Zielauslug bei Mit- und Gegenwind.

Ein im Luftraum schwebender Ballon bewegt sich gegenüber der Erde mit der Geschwindigkeit der sich bewegenden Luft, d. h. mit der Windgeschwindigkeit v_w . Gegenüber der Luft hat der Ballon also keine Bewegung. (Ein Beobachter im Ballon spürt keinen Wind.) Erteilt man diesem Ballon eine Eigengeschwindigkeit v_e z. B.

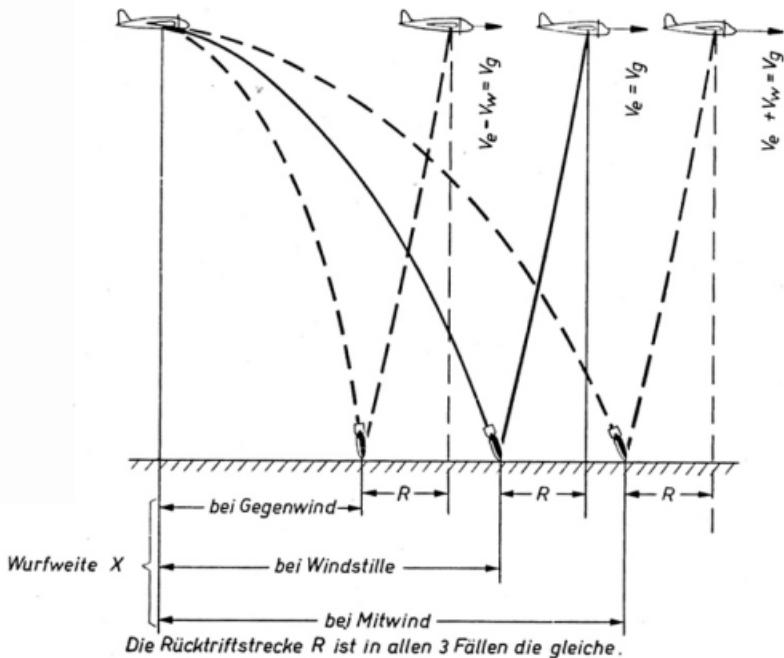


Abb. 14: Wurfweiten bei Mit- und Gegenwind

durch Propellerschub (Luftschiff), so bewegt sich dieses Luftschiff gegenüber der umgebenden Luft mit seiner Eigengeschwindigkeit v_e , gegenüber dem Erdboden aber noch zusätzlich mit der Windgeschwindigkeit v_w . Die Geschwindigkeit eines Flugzeuges gegenüber der Erde (Geschwindigkeit über Grund v_g) setzt sich also zusammen aus der Geschwindigkeit des Flugzeuges gegen Luft (Eigengeschwindigkeit v_e) und der Geschwindigkeit der Luft gegenüber der Erde (Windgeschwindigkeit v_w):

$$v_g = v_e \pm v_w.$$

Hierbei bezieht sich das Pluszeichen auf Mitwind, das Minuszeichen auf Gegenwind.

Beim Zielaufzug bei Wind wird die Bombe mit der Eigengeschwindigkeit des Flugzeugs v_e angeströmt und hat infolgedessen nach der Auslösung auch eine dieser Eigengeschwindigkeit v_e entsprechende Rücktritt R (Abb. 14). Bezogen auf den sich bewegenden Luftraum ergibt sich also eine Wurfweite von $v_e \cdot T - R$. Zur Erklärung diene folgendes (Abb. 15):

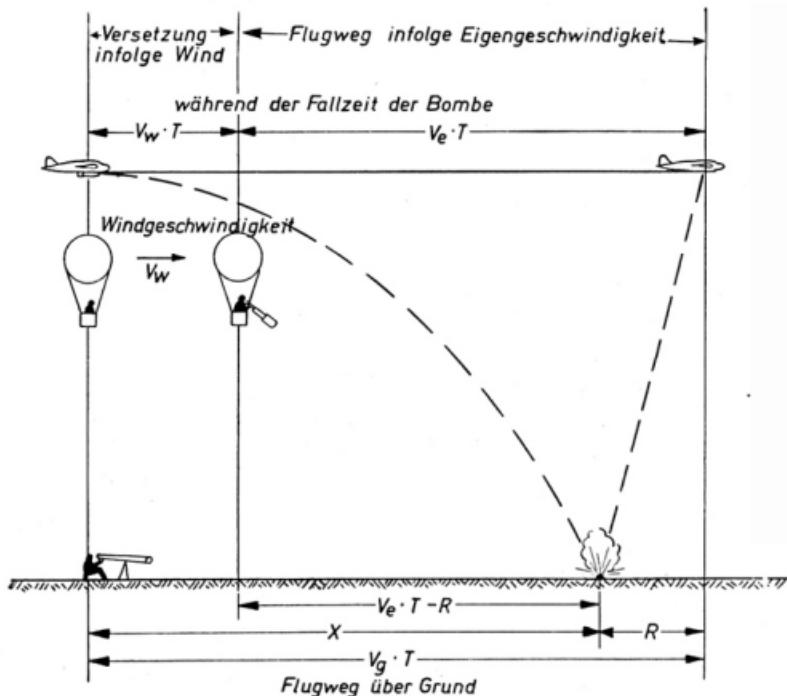


Abb. 15: Windeinfluß auf die Wurfweite

Ein in einem Ballon befindlicher Beobachter, der sich im Augenblick des Abwurfs lotrecht unter dem Flugzeug befand, hat sich während der Fallzeit T der Bombe um die Strecke $v_w \cdot T$ mit dem Wind bewegt. Im Augenblick des Einschlags befindet er sich um die Strecke $v_e \cdot T - R$ vom Einschlagsort entfernt. Für einen auf der

Erde stehenden Beobachter, der sich im Augenblick der Auslösung unter dem Flugzeug und dem Ballon befand, ergibt sich also für die Wurfweite X

$$X = \pm v_w \cdot T + v_e \cdot T - R \quad (\text{Abb. 15}).$$

Versehung	Wurfweite
infolge des	auf den bewegten
Windes	Luftraum bezogen

Entsprechend der Zusammensetzung der Geschwindigkeit über Grund v_g aus Eigengeschwindigkeit v_e und Windgeschwindigkeit v_w ergibt sich demnach:

$$\begin{aligned} X &= (v_e \pm v_w) T - R \\ &= v_g \cdot T - R. \end{aligned}$$

3. Die Wurfbahn und der Zielanflug bei Seitenwind.

a) Der Seitentriftwinkel.

Bei Seitenwind wird das Flugzeug entsprechend Windrichtung und -geschwindigkeit seitlich versetzt. In diesem Falle bildet die Flugzeuglängsachse mit der Kurslinie einen Winkel. Das Flugzeug wird nämlich einmal auf Grund seiner Antriebskraft in Richtung der Flugzeuglängsachse mit der Eigengeschwindigkeit v_e bewegt; andererseits wird das Flugzeug, ohne die Richtung der Flugzeuglängsachse zu verändern, seitlich in Richtung des Windes mit der Windgeschwindigkeit v_w versetzt. Das Gesamtergebnis dieser beiden Bewegungen ist der Weg über Grund mit der Geschwindigkeit über Grund v_g . Der Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und der Kurslinie (bzw. Winkel zwischen v_e und v_g) ist der Seitentriftwinkel δ .

Die Größe des Seitentriftwinkels δ ist abhängig von der Richtung der Windgeschwindigkeit v_w zur Richtung der Eigengeschwindigkeit des Flugzeuges v_e (beide schließen den Windeinfallsinkel w_e ein) und dem Verhältnis der beiden Geschwindigkeiten zueinander (Abb. 16).

Der Seitentriftwinkel wird 0° bei Mit- und Gegenwind, da die Eigengeschwindigkeit v_e und die Windgeschwindigkeit v_w in eine Richtung fallen. Geht man nun vom Mitwindkurs auf Gegenwindkurs, d. h. dreht man das Flugzeug um 180° , so ändert sich der Seitentriftwinkel δ . Der Verlauf der Größe des Seitentriftwinkels δ in Abhängigkeit vom Windeinfallswinkel w_e ist in Abb. 16, 17 dargestellt. Aus der Figur ersieht man, daß sich der Seitentriftwinkel δ bei kleinen Kursänderungen im unmittelbaren Bereich von Mit- und Gegenwind sehr stark ändert. Im Seitenwindbereich dagegen ist die Änderung des Seitentriftwinkels δ auch bei größeren Kursänderungen nur sehr gering (schraffierter Bereich). Diese Betrachtung ist wichtig für den Zielanflug.

b) Der Zielanflug bei Seitenwind.

In der Ausgangsstellung für die Seitentriftwinkelmessung sind die Visierlinie des Bombenzielgerätes und die Flugzeuglängsachse auf das Ziel zu richten (18,1) („1. Visierlinie auf das Ziel“). Auf dem anliegenden Kompaßkurs fliegt das Flugzeug weiter und wird durch den herrschenden Seitenwind seitlich zu der „1. Visierlinie auf das Ziel“ versetzt (18,2). Hierbei ist die Flugzeuglängsachse zu der „1. Visierlinie auf das Ziel“ parallel geblieben. Der Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und dem Weg des Flugzeuges über Grund (Winkel zwischen „1. Visierlinie auf das Ziel“ und 1. Kurslinie) ist der Seitentriftwinkel δ_1 . Diese 1. Kurslinie führt am Ziel vorbei.

Dreht man die Visierlinie in die Richtung des Kurses über Grund (Richtung der 1. Kurslinie), so bildet die Visierlinie mit der Flugzeuglängsachse ebenfalls den Seitentriftwinkel δ_1 (18,2). Das Flugzeug wird dann solange in den Wind gedreht (1. Kursverbesserung), bis die Visierlinie wieder auf das Ziel gerichtet ist (18,3) („2. Visierlinie auf das Ziel“). Die Flugzeuglängsachse ist jetzt gegenüber dieser „2. Visierlinie auf das Ziel“ um den Seitentriftwinkel δ_1 gedreht.

Würde das Flugzeug mit dem jetzt anliegenden Kurs ohne weitere Kursverbesserung weiterfliegen, so würde es, wie in 18,3a angedeutet, auch jetzt noch am Ziel vorbeifliegen, da mit der Kursänderung des Flugzeuges sich

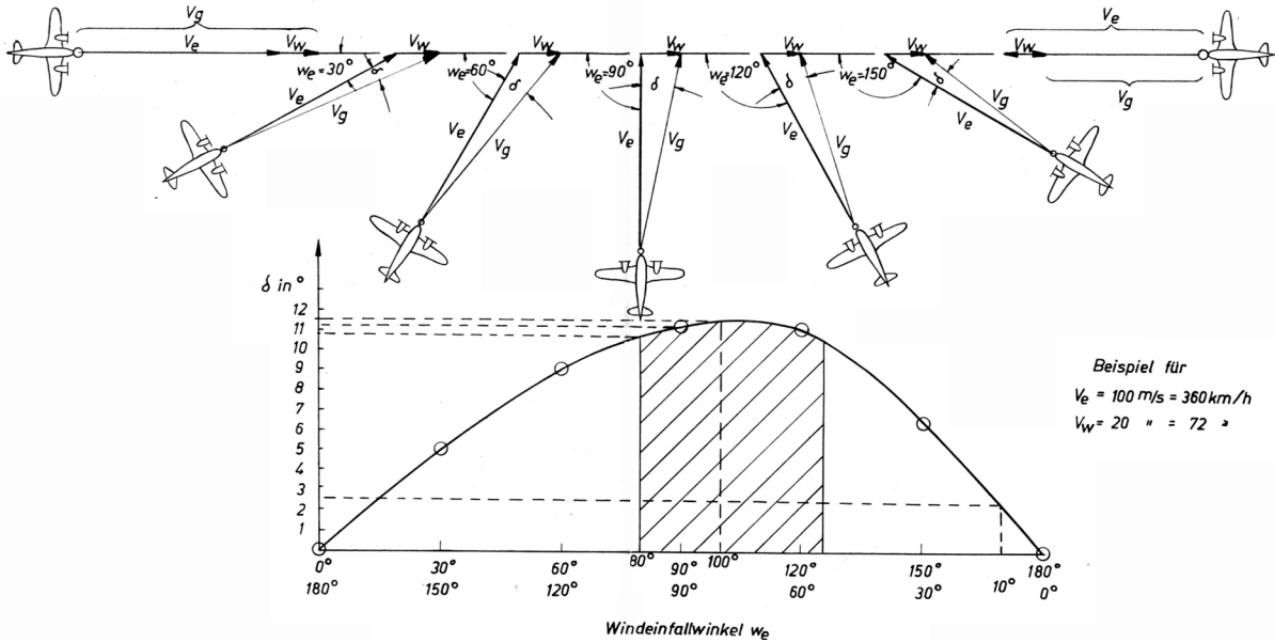


Abb. 16: Seitentriftwinkel δ in Abhängigkeit vom Windeinfallwinkel w_e

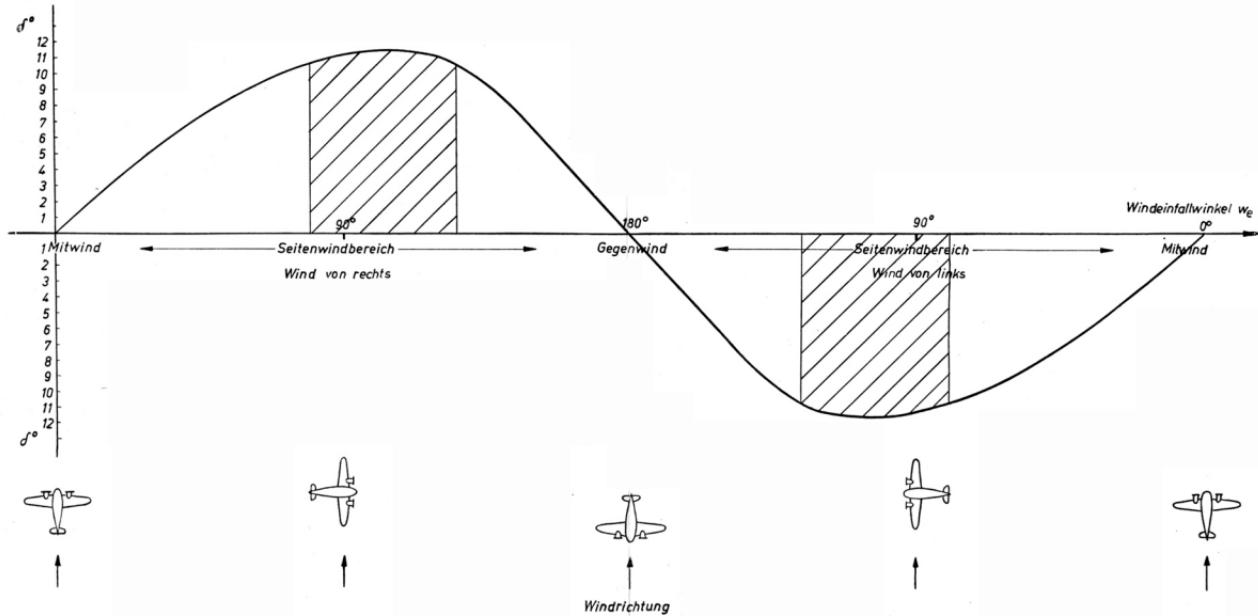


Abb. 17: Verlauf des Seitenrutschwinkels δ in Abhängigkeit vom Windeinfallsinkel w_e

→ Wind

b. Der Zielanflug bei Seitenwind

Kennzeichnung der Farben: Schwarzer Pfeil: Visierlinie

Roter Pfeil: Flugzeuglängsachse

Grün: Flugweg über Grund (Kurslinie)

— · — „1. Visierlinie auf das Ziel“

— · · — „2. Visierlinie auf das Ziel“

— · · · — „3. Visierlinie auf das Ziel“

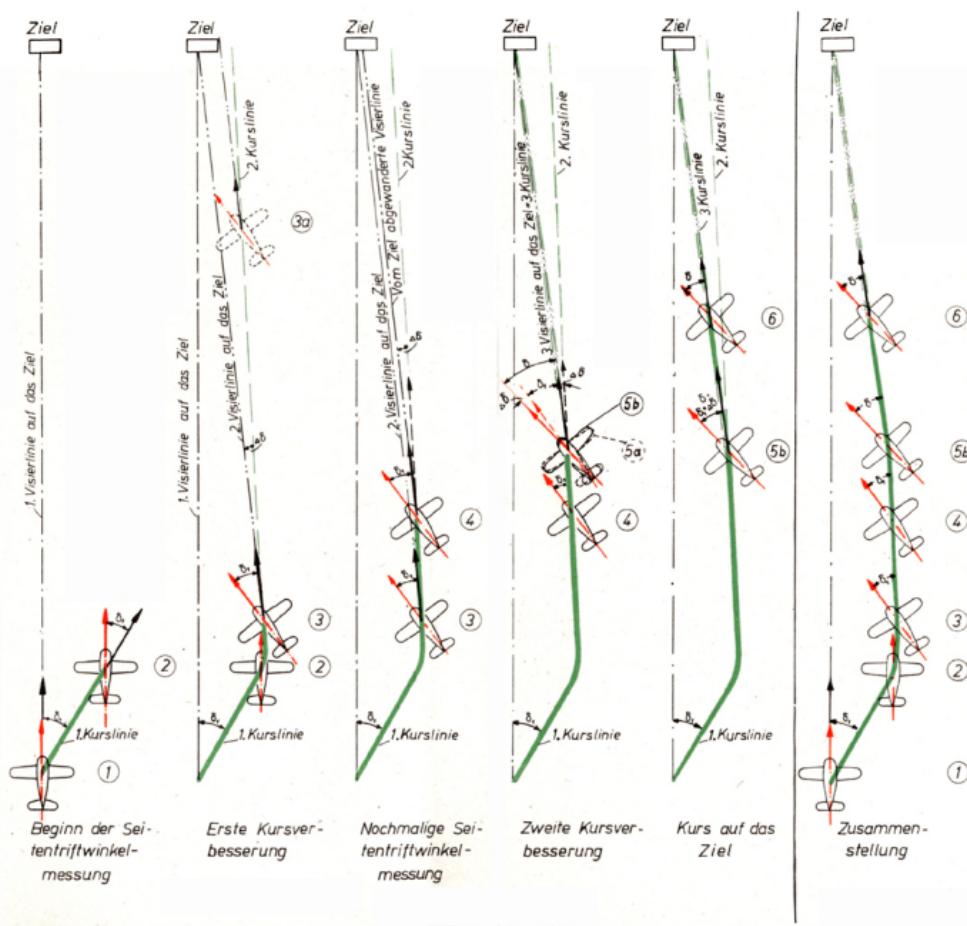
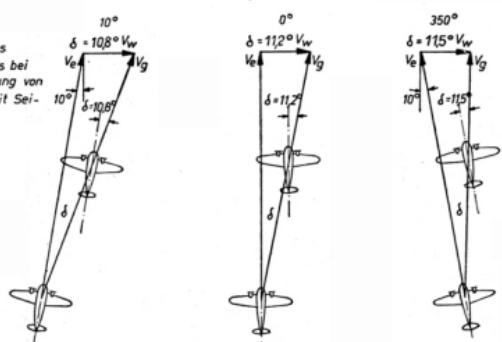


Abb. 18: Der Zielanflug bei Seitenwind

Kompaßkurs

Änderung des Seitentriftwinkels bei einer Kursänderung von 10° beim Flug mit Seitenwind



Wind aus 270°

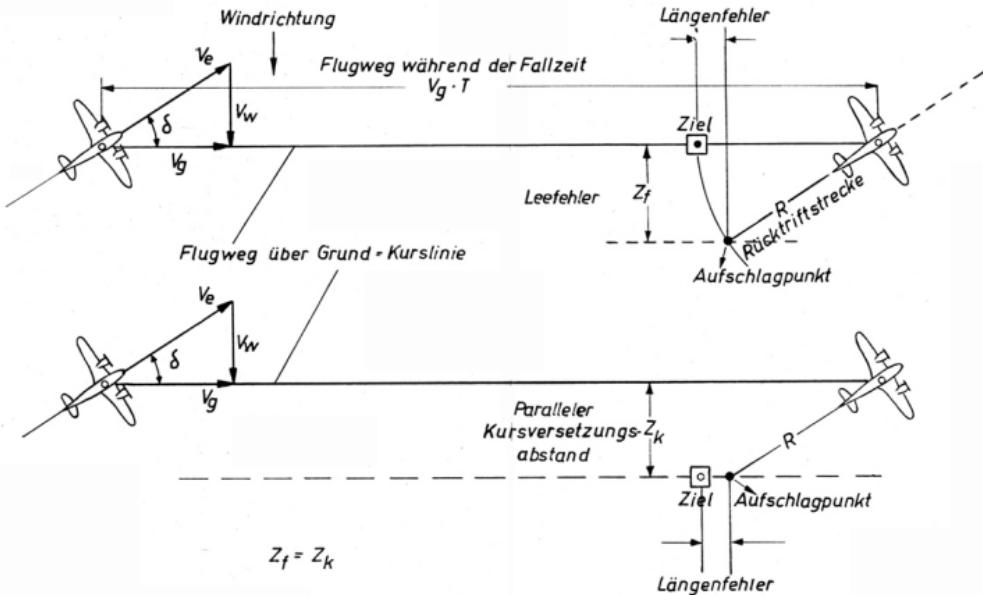


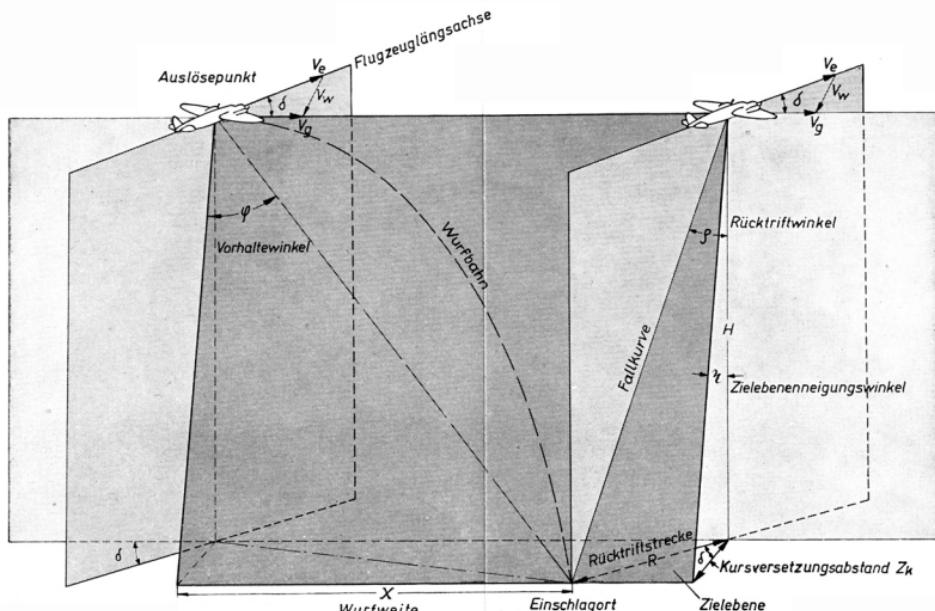
$v_e = 360 \text{ km/h}$

$v_w = 72 \text{ km/h}$

Abb. 19: Einfluß einer Kursänderung auf den Seitentriftwinkel δ

Abb. 20: Bombenwurf bei Anflug mit Seitenwind





$$\delta = \text{Seitentriftwinkel}$$

Abb. 21: Bombenwurf bei Anflug mit Seitenwind

auch der Seitentriftwinkel ändert. (Vgl. die Richtung der roten Pfeile in der Stellung 1 und 3. Da der Seitenwind seine Richtung und Stärke beibehält, ändert sich der Seitentriftwinkel entsprechend Abb. 16, 17). Das hat zur Folge, daß der Bombenschütze nach einiger Zeit ein erneutes Auswandern des Ziels beobachtet (18,4), da das Flugzeug nicht auf der „2. Visierlinie auf das Ziel“ fliegt.

Der soeben geschilderte Vorgang muß deshalb noch einmal wiederholt werden. Zuerst wird die Visierlinie wieder wie in 18,2 in Richtung des Flugweges über Grund (2. Kurslinie) gebracht (gestrichelter schwarzer Pfeil) (Abb. 18,4), d. h. zusätzlich zu dem bereits eingestellten Seitentriftwinkel δ_1 um den Winkel $\Delta\delta$ gedreht, so daß die Visierlinie mit der Flugzeuglängsachse den Winkel $\delta_1 + \Delta\delta$ bildet. (Dieser Zustand ist in Abb. 18,5a durch die gestrichelte Flugzeugdarstellung wiedergegeben.)

Dann wird das Flugzeug so lange gedreht, bis die gestrichelte (schwarze) Visierlinie (Abb. 18,5a) wieder auf das Ziel zeigt, d. h. in die ausgezogene schwarze Visierlinie überführt ist (2. Kursverbesserung, ausgezogene Flugzeugdarstellung 18,5b). Jetzt bildet die Flugzeuglängsachse (roter ausgezogener Pfeil) mit der „3. Visierlinie auf das Ziel“ den Winkel $\delta = \delta_1 + \Delta\delta$.

Praktisch wird jetzt die Kurslinie auf das Ziel führen, so daß der Bombenschütze keine Auswanderung des Ziels von der Visierlinie mehr bemerkt. In diesem Falle weisen die Visierlinie und der Flugweg über Grund auf das Ziel (18,5b 18,6).

Beispiele (Abb. 19):

1. Der Anflug wird mit Gegenwind durchgeführt, der Seitentriftwinkel δ ist dann $= 0^\circ$.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Es sei } v_e = 100 \text{ m/s} = 360 \text{ km/h} \\ v_w = 20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h} \end{array} \right\} \text{(vgl. Abb. 19).}$$

Bei einer Kursänderung von 10° ergibt sich ein Seitentriftwinkel δ von $2,5^\circ$ (Abb. 16).

2. Beim Anflug mit Seitenwind (90° zum Kurs) beträgt der Seitentriftwinkel $\delta = 11,2^\circ$.

Nach einer Kursänderung von 10° beträgt der entsprechende Seitentriftwinkel $\delta = 11,5^\circ$ bzw. $10,8^\circ$.

Im ersten Beispiel beträgt die Änderung des Seitentriftwinkels $\delta 2,5^\circ$, im zweiten Beispiel dagegen nur $0,3^\circ$ bzw. $0,4^\circ$.

c) Die Zielebenenneigung.

Das Zurückbleiben der Bombe wird, wie schon erwähnt, hervorgerufen durch den Widerstand infolge der Anströmung, die die Bombe auf Grund der Eigenbewegung des Flugzeuges v_e gegenüber der Luft erfährt. (S. 17, 1). Die Bombe muß also in einer senkrechten Ebene durch die Flugzeuglängsachse hinter dem Flugzeug zurückbleiben. Da bei Seitenwind die Flugzeuglängsachse mit der Kurslinie einen Winkel bildet, den Seitentriftwinkel δ , muß die Bombe in einer senkrechten Ebene fallen, die gegen die Kurslinie um den Seitentriftwinkel δ gedreht ist (Abb. 20, 21). Der seitliche Abstand des Einschlagpunktes von der Kurslinie wird Seitenversetzung Z genannt*).

Soll ein Ziel bei Seitenwind getroffen werden, so muß die Kurslinie um den Betrag der Seitenversetzung Z seitlich am Ziel vorbeiführen. Bei den Zielgeräten wird die Seitenversetzung Z , um die das Flugzeug am Ziel vorbeifliegen muß, dadurch berücksichtigt, daß die Ebene, in der der Zielsvorgang abläuft (Zielebene), um einen entsprechenden Winkel aus der Lotebene herausgeschwenkt wird (Abb. 21). Dieser Winkel η (Zielebenenneigungswinkel) ist vom Seitentriftwinkel δ und der Rücktrift R abhängig. Beim Lotfe und

*) Man unterscheidet:

1. Die Strecke, um die die Bombe seitlich aus der Ebene der Kurslinie herausfällt. Sie wird mit Z_f bezeichnet und heißt Leefehler.
2. Die Strecke, um die das Flugzeug seitlich am Ziel vorbeifliegen muß, damit die Bombe im Ziel auffschlägt. Sie wird mit Z_k bezeichnet und heißt paralleler Kursversetzungsbetrag. Streckenmäßig sind beide gleich groß.

BZG 2 z. B. wird der Einfluß der Seitentrift auf die Zielebenen-neigung automatisch durch die Seitentriftwinkelmessung und -einstellung berücksichtigt, der Einfluß der Rücktrift auf die Zielebenen-neigung muß aber am Ausblickkopf besonders eingestellt werden.

Dadurch, daß die Rücktriftstrecke mit der Kurslinie einen Winkel bildet, entsteht auch ein Längenfehler, weil nur die Komponente der Rücktrift, die in Richtung der Kurslinie liegt, in die Wurfweite ein geht. Dieser Längenfehler wird in den Zielgeräten nicht berücksichtigt, weil er im allgemeinen klein ist (Abb. 20).

4. Der Einfluß unregelmäßigen Windes auf die Wurfbahn.

Beim Zielaufzug kann durch die Grundgeschwindigkeits- und Seitentriftwinkelmessung nur der Wind in der Flughöhe berücksichtigt werden. Erfahrungsgemäß ändern sich aber Windrichtung und -stärke mit der Höhe, so daß beim Wurf aus größeren Höhen die Bombe Schichten verschiedener Windrichtung und -stärke durchfällt. Die Abweichungen vom gemessenen Wind bewirken also eine Versetzung gegenüber dem errechneten Einstellort, für den die Anfangsbedingungen in der Auslösehöhe zugrunde gelegt sind. Wollte man diesen Einfluß in den verschiedenen Höhen berücksichtigen, so müßte auf Grund einer Windmessung in den verschiedenen Höhen ein mittlerer Windeinfluß errechnet werden. Der Wind, der dem Mittelwert des Einflusses von Windrichtung und -stärke in den verschiedenen Höhen während der Fallzeit der Bombe entspricht, heißt der „ballistische Wind“. Zur Ausschaltung der Wirkung des unregelmäßigen Windes auf die Bombe in den verschiedenen Höhen muß also der Unterschied zwischen dem gemessenen Wind in der Anflughöhe und dem ballistischen Wind berücksichtigt werden. Der Einfluß des ballistischen Windes ist in geringeren und mittleren Höhen (etwa 3000 m) verhältnismäßig klein und braucht deshalb erst bei Würfen aus sehr großen Höhen berücksichtigt zu werden.

5. Wurf auf bewegte Ziele.

Eine gleichförmige geradlinige Zielgeschwindigkeit v_z entspricht beim Zielaufzug einer gleichgroßen aber entgegengesetzten Wind-

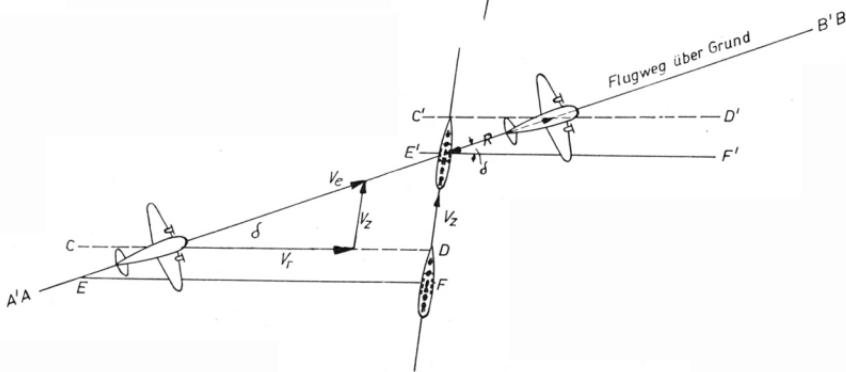
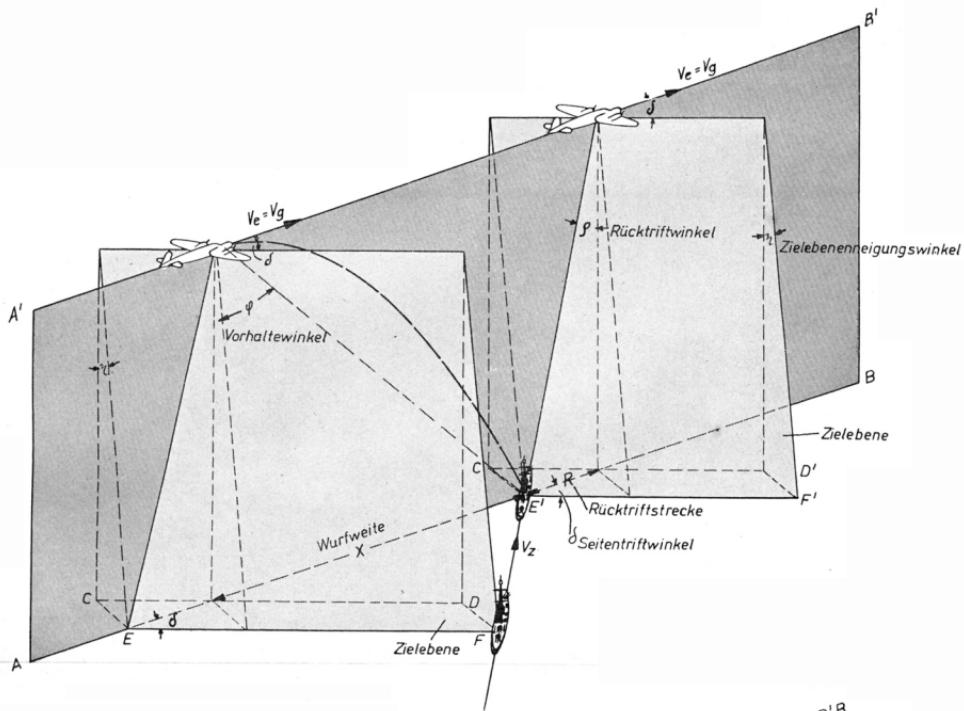


Abb. 22b: Zielanflug auf bewegtes Ziel bei Windstille

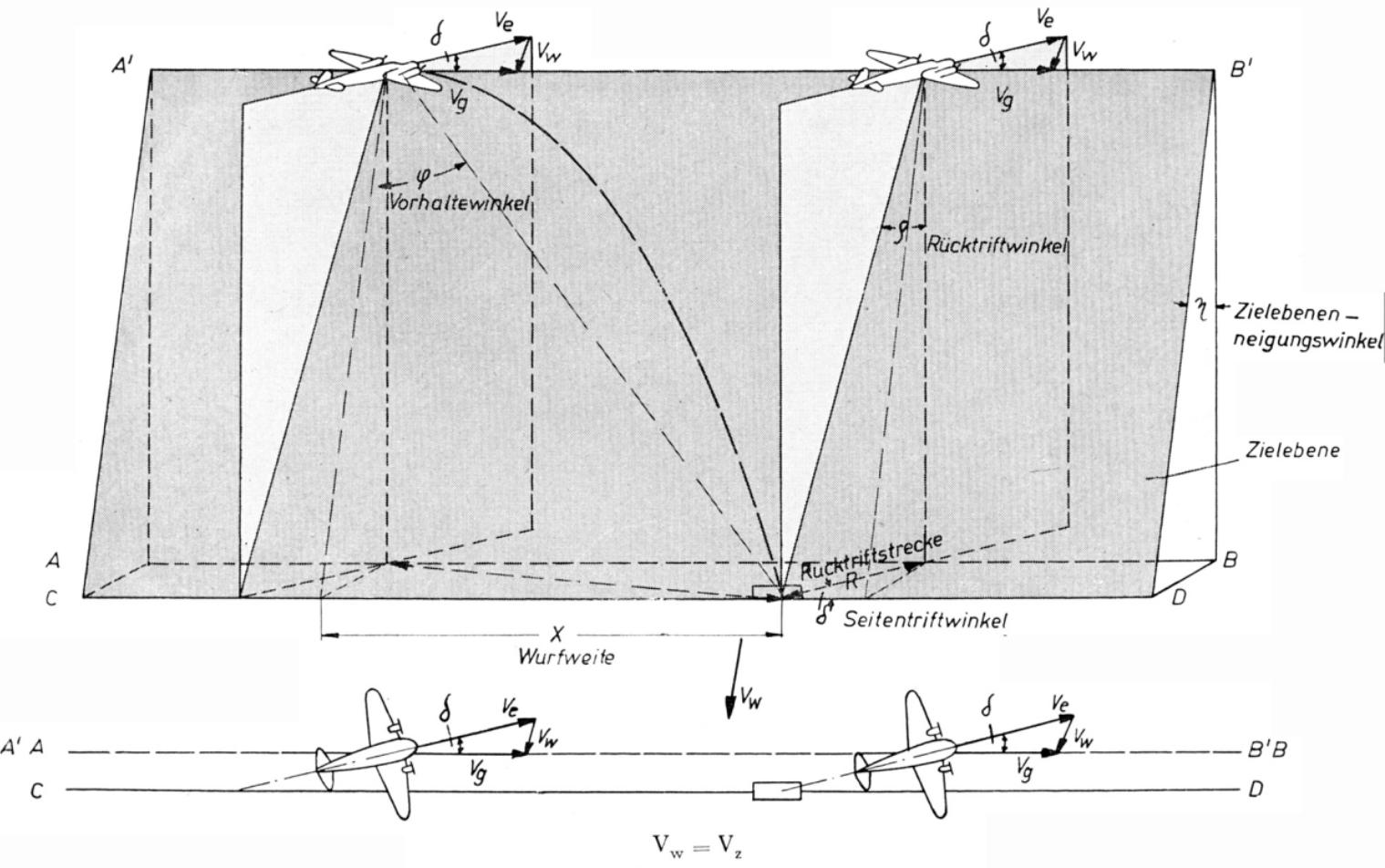


Abb. 22a: Zielanflug auf ruhendes Ziel bei Seitenwind

Nur für den Dienstgebrauch!

Der Bombenwurf

Teil 1:

Grundbegriffe des Bombenwurfs

A. Anhang:

Kurzzeichen

Dezember 1940

Kurzzeichen

Strecken

Kurzzeichen	Benennung	Einheit	Begriffsbestimmungen
H	Fallhöhe, Warfhöhe	m	Höhe über der Zielebene (die Höhe darstellend, die die Bombe bis zum Aufschlag im Ziel durchfallen muß).
h	Flughöhe	m	Die sich laufend während des Fluges ändernde Höhe bzw. die laufende Höhenkoordinate einer fallenden Bombe.
X_0	Wurfweite im luftleeren Raum	m	
X	Wurfweite im Luftraum	m	
ΔX	Vorhaltestrecke beim Sturzbombenwurf (Delta X)	m	Strecke, um die der Durchstoßungspunkt der Flugbahntangente durch die Zielebene im Augenblick des Abwurfs vor dem Bombeneinschlag liegt.
R	Rücktriftstrecke	m	
$R\%$	Rücktrift in Prozenten der Höhe		
Z_t	Leefehler	m	
Z_k	Paralleler Kursversetzungsbstand	m	$Z = \text{Seitenversetzung}$
V	Reihenwurfvorlage	m	
$V\%$	Reihenwurfvorlage in % der Höhe		

Kurzzeichen	Benennung	Einheit	Begriffsbestimmungen
S	Meßstrecke	m	
s	Allgemeine Wegstrecke	m, km	Jede Strecke beliebiger Länge und Richtung.

Kräfte

W	Luftwiderstand	kg
W_v	Vertikale Komponente von W	kg
W_h	Horizontale Komponente von W	kg

Geschwindigkeiten und Beschleunigungen

g	Erdbeschleunigung	m/sec ²
v	Veränderliche Bahngeschwindigkeit der Bombe	m/sec
v_v	Vertikale Komponente von v	m/sec
v_h	Horizontale Komponente von v	m/sec
v_e	Eigengeschwindigkeit des Flugzeuges	m/s, km/st
v_g	Flugzeuggeschwindigkeit über Grund	m/s, km/st
v_a	Angezeigte Geschwindigkeit des Fahrtmessers	km/st
v_w	Windgeschwindigkeit	m/sec
v_z	Eigengeschwindigkeit des Ziels	m/sec
v_r	Relative Geschwindigkeit des Flugzeuges zum Ziel	m/s, km/st
v_s	Sinkgeschwindigkeit des Flugzeuges	m/sec
v_o	Unfangsgeschwindigkeit	m/s, km/st

Kurz- zeichen	Benennung	Einheit	Begriffsbestimmungen
v_∞	Grenzgeschwindigkeit	m/sec	Geschwindigkeit, bei der der Luftwiderstand dem Anteil der Schwerkraft in Bahnrichtung gleich wird.
v_T	Geschwindigkeit im Treffpunkt (Aufstreffgeschwindigkeit)	m/s, km/st	

Zeiten

T_0	Fallzeit im luftleeren Raum	s	
T	Fallzeit im Luftraum	s	
t	Laufende Zeit	s	Jede für irgendeinen beliebigen Vorgang gemessene Zeit.

Winkel

φ_0 (phi)	Vorhalterwinkel im luftleeren Raum	°	Winkel zwischen dem Flugzeuglot im Auslösepunkt und der Visierlinie.
φ	Vorhalterwinkel im Luftraum	°	... Bei Windstille ohne Gegnerfahrt*)
ρ (rho)	Rücktrittwinkel	°	Winkel zwischen dem Flugzeuglot (im Augenblick des Aufschlages der Bombe) und der Verbindungsgeraden vom Flugzeug zum Aufschlagpunkt.
w	Windwinkel	°	Winkel zwischen Kurslinie und Windrichtung (w wird, von der Kurslinie ausgehend von 0° bis 180° rechts bzw. links angegeben).

*) Diese Definition des Vorhalterwinkels φ gilt nur bei Windstille ohne Gegnerfahrt; bei Wind und Gegnerfahrt siehe Skizze „Horizontalflug“.

Kurzzeichen	Benennung	Einheit	Begriffsbestimmungen
w_e	Windeinfallwinkel	°	Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und der Windrichtung (w_e wird, ausgehend von der Flugzeuglängsachse, von 0° bis 180° rechts bzw. links angegeben).
δ (delta)	Seitentriftwinkel	°	Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und dem Längsfaden des Zielgerätes, wenn ein beobachteter Punkt nicht seitlich von diesem Faden abwandert.
η (eta)	Zielebenenneigungswinkel	°	Winkel zwischen der Lotebene der Kurslinie und der Bissierebene durch das Ziel (Ebene, in der sich die Bissierlinie bewegt).
α (alpha)	Sturzflugwinkel	°	Winkel zwischen der Tangente an die „Bahn des Flugzeuges gegenüber dem Ziel“ ¹⁾ in irgendeinem Punkt des Flugweges und der Horizontalen.
α_o	Auslösewinkel	°	Winkel zwischen der Tangente an die „Bahn des Flugzeuges gegenüber dem Ziel“ ¹⁾ im Auslösepunkt und der Horizontalen.
ε (epsilon)	Auffaßwinkel	°	Winkel zwischen der Tangente an die „Bahn des Flugzeuges gegenüber dem Ziel“ ¹⁾ und der Bissierlinie. Er dient zur Berücksichtigung der Vorhaltestrecke ΔX .

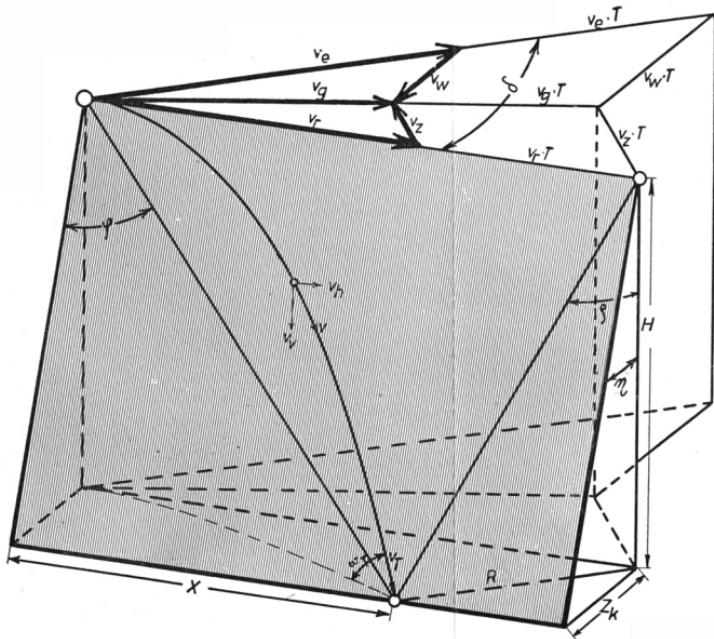
¹⁾ Unter einer „Bahn gegenüber dem Ziel“ versteht man:

- im Falle eines ruhenden Ziels: die Bahn, die man von einem festen Standpunkt, der sich seitlich vom Ziel befindet, beobachtet.
- im Falle eines bewegten Ziels: die Bahn, die man von einem seitlich zum Ziel gelegenen Standpunkt beobachtet, der sich mit gleicher Geschwindigkeit und Richtung wie das Ziel bewegt.

Kurzzeichen	Benennung	Einheit	Begriffsbestimmungen
α	Windausgleichwinkel beim Sturzbombenwurf (Kappa)	°	Winkel, um den die Flugzeuglängsachse gegen den Wind gestellt werden muß, um die Versehung des Flugzeuges durch den Wind auszuschalten.
μ	Anstellwinkel (my)	°	Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und der „Bahn gegenüber der Luft“ ²⁾ .
β	Laufender Blickwinkel (beta)	°	Winkel, der laufend durch das Flugzeuglot und den Blickstrahl zum Ziel gebildet wird.
λ	Flugbahnwinkel (lambda)	°	Winkel zwischen der Tangente an die „Bahn gegenüber der Luft“ ²⁾ und der Horizontalen.
λ^1	Längsachsenwinkel		Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und der Horizontalen.
ω_T	Bombenaufstreffwinkel (omegat)	°	Winkel zwischen der Tangente an die Bombenbahn im Aufstreffpunkt und der Horizontalen.
γ	Visierwinkel (gamma)	°	Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und der Visierlinie zum Ziel.
Φ	Kursänderungswinkel (großes Phi)	°	Winkel zwischen zwei Kurslinien.

²⁾ Unter einer „Bahn gegenüber der Luft“ versteht man die Bahn, die man von einem seitlich zum Ziel gelegenen Standpunkt beobachtet, der sich mit der Windrichtung und -geschwindigkeit (z. B. Freiballon) in den entsprechenden Flughöhen wie das Ziel bewegt.

Horizontalflug



Sturzflug

