
JAGD- WAFFEN- KUNDE

Von Ingenieur und Büchsenmachermeister
Willi Barthold

4., durchgesehene Auflage
264 Bilder, 32 Tafeln



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

JAGD- WAFFEN- KUNDE

Von Ingenieur und Waffenschmiedmeister
Willi Barthold

4. durchgesehene Auflage
264 Bilder, 32 Tafeln

Copyright by VEB Verlag Technik, Berlin, 1969

Bearbeitete Auflage: © VEB Verlag Technik, Berlin, 1979

Unveränderter Nachdruck 1981

Lizenz 201 · 370/106/81

DK 623.442.6 · LSV 0552 · VT 5/4354-4

Lektor: Dipl.-Phys. Rainer Krenz

Schutzumschlag: Kurt Beckert

Printed in the German Democratic Republic

Schreibsatz: VEB Verlag Technik, Berlin

Druckerei: Thomas Müntzer, Bad Langensalza

Redaktionsschluß: 20.5.1980

Bestellnummer: 552 776 2

DDR 22, 75 M



Vorwort

Literatur über die Jagd widmet vorwiegend der Jagdpraxis einen großen Raum. Viele Erfahrungen sind dort niedergeschrieben, und sie können dem Jäger als nützliche Hinweise dienen. In diesem Buch, der „Jagdweisenkunde“, aber kann sich der Jäger über sein „Arbeitsmittel“ – sein Gewehr –, die Funktion der Teile, über die zweckmäßigen Patronen, die Flugbahn der Geschosse und über manches andere informieren. Auch Sportschützen finden darin Antworten auf Fragen zu ihrem „Sportgerät“, zu dessen Erfordernissen und Möglichkeiten, denn die erfolgreichen Teilnehmer an den Landes-, Erdteil- und Weltmeisterschaften im jagdlichen Schießen haben auch umfassende Kenntnisse in der Waffenkunde.

Lehrlinge und junge Facharbeiter in Berufen, die an der Herstellung von Jagdwaffen teilhaben, können theoretisches Wissen erwerben und vertiefen.

In der „Jagdweisenkunde“ stehen das Jagdgewehr an sich sowie dessen Bau, Wirkungsweise und Verwendbarkeit im Vordergrund. Vor allem werden die Kraftwirkungen im Schloß- und Verschlußmechanismus beschrieben, und dabei wird großer Wert auf eine einfache und allgemeinverständliche Darstellung gelegt. Mathematische Gleichungen werden in zahlreichen Beispielen angewandt, dadurch wird zum leichteren Verständnis des jeweiligen Problems beigetragen.

W. Barthold

Inhaltsverzeichnis

1.	Jagd	9
2.	Jagdgewehr	11
2.1.	Hauptteile	11
2.2.	Handhabung	11
3.	Herstellen eines Jagdgewehrs	12
3.1.	Berufe für die Jagdgewehrfertigung	12
3.2.	Gewehrlauf	15
3.2.1.	Aufgaben des Gewehrlaufs	15
3.2.2.	Lauffertigung im 19. Jahrhundert	15
3.2.3.	Technologien der Lauffertigung	19
3.2.4.	Schrot- oder Flintenlauf	31
3.2.5.	Büchslauf	36
3.2.6.	Belastungen des Laufwerkstoffs	40
3.2.7.	Herstellen von Gewehrlaufverbindungen	44
3.2.8.	Patronenzieher	51
3.3.	Gewehrverschluß	59
3.3.1.	Geschichtliche Entwicklung	59
3.3.2.	Greener-Verschluß	59
3.3.3.	Kraft der Pulvergase und ihre Wirkung auf das Verschlußstück	60
3.3.4.	Verriegelung durch den Verschlußstift	61
3.3.5.	Belastung des Verschlußstifts und der verlängerten Laufschiene	66
3.3.6.	Verriegelung durch den Verschlußkeil	69
3.3.7.	Belastung des Verschlußkeils	70
3.3.8.	Belastung des Scharnierstifts und des Laufhakens	72
3.4.	Scharnier, Vorderschaft und Schnapper	73
3.5.	Gewehrverschloß	77
3.5.1.	Geschichtliche Entwicklung	77
3.5.2.	Moderne Schloßkonstruktionen (Kipplaufgewehre)	82
3.5.2.1.	Überblick	82
3.5.2.2.	Anson-Deeley-Schloß	82
3.5.2.3.	Seitenschloß	97
3.5.2.4.	Blitzschloß	101
3.5.3.	Einabzug	103
3.6.	Stechereinrichtungen	104
3.6.1.	Überblick	104
3.6.2.	Rückstecher	104
3.6.3.	Deutscher Stecher	106
3.6.4.	Mehrfachstecher	106
3.6.5.	Nadelstecher	107
3.7.	Signaleinrichtungen	108
3.8.	Gewehrsicherung	109
3.8.1.	Überblick	109
3.8.2.	Greener-Sicherung	110
3.8.3.	Nichtautomatische Abzugsicherung der Einlaufflinte	110
3.8.4.	Automatische Abzugsicherung einer Doppelflinte	111
3.8.5.	Automatische Abzugsicherung mit Sicherungsfalle	112

3.8.6.	Automatische Abzug- und Stangensicherung einer Doppelflinte	114
3.8.7.	Nichtautomatische Abzug- und Stangensicherung einer Bockflinte . . .	117
3.8.8.	Schlagfedersicherung	118
3.9.	Auswerfereinrichtung	119
3.9.1.	Überblick	119
3.9.2.	Holland-Holland-Auswerfer einer Doppelflinte	119
3.9.3.	Schraubenfederauswerfer einer Bockflinte	129
3.10.	Gewehrschaft	136
3.11.	Oberflächenbehandlung der Metallteile	144
4.	Ballistik	153
4.1.	Überblick	153
4.2.	Innenballistik	154
4.2.1.	Pulver und Zündmittel	154
4.2.2.	Gasdruck im Gewehrlauf	159
4.2.3.	Geschößbeschleunigungskraft	161
4.2.4.	Rückstoß	166
4.2.5.	Arbeit der Pulvergase	171
4.2.6.	Vorgänge in der Laufmündung	172
4.3.	Außenballistik	174
4.3.1.	Bewegung des Geschosses nach Verlassen des Laufs	174
4.3.2.	Querschnittsbelastung	189
4.3.3.	Geschwindigkeitsmessung	192
4.3.4.	Laufschwingungen	194
4.3.5.	Streuung beim BüchSENSCHUß	194
4.3.6.	Wirkung des BüchSENSCHUSSES am Ziel	200
4.3.7.	Patrone für den BüchSENSCHUß	201
4.3.8.	Patrone für den Flintenschuß	205
4.3.9.	Bewegung der Schrote	208
4.3.10.	Schrotschußbeurteilung	210
5.	Kleine Chronik der Feuerwaffen, insbesondere der Handfeuerwaffen	214
6.	Formelsammlung und Nomogramme	216
6.1.	Grundgesetze der Mechanik	216
6.2.	Gesetzmäßigkeiten am Gewehrmechanismus	218
6.2.1.	Gewehrlauf und Patronenzieher	218
6.2.2.	Gewehrverschluß	219
6.2.3.	Gewehrschloß	220
6.3.	Grundgesetze der Ballistik	220
6.3.1.	Innenballistik	220
6.3.2.	Außenballistik	221
6.4.	Maßeinheiten-Umrechnungstabellen	222
6.5.	Nomogramme	224
	Sachwörterverzeichnis	232

1. Jagd

Seit Urzeiten hat die Jagd im Leben der Menschen eine wichtige Rolle gespielt, weil die Jagdbeute einen wesentlichen Teil der Ernährung des Menschen darstellte. Unsere Vorfahren rückten zuerst mit den primitivsten Geräten, später mit Pfeil und Bogen oder der Saufeder dem Wild zu Leibe. Aus der Notwendigkeit, für die menschliche Ernährung zu sorgen, entwickelte sich mit fortschreitender Kultur auch ein verpflichtendes Kulturerbe, wie wir es heute im jagdlichen Brauchtum kennen.

Durch Fortentwicklung der einfachen Jagdgeräte zum heutigen modernen Jagdgewehr ist es für den Jäger wesentlich leichter und weniger gefährvoll geworden, die Jagd mit Erfolg auszuüben, als früher. Jedoch gerade aus dieser Erleichterung erwächst die große Verpflichtung, das in unseren Feldern und Wäldern lebende Wild in seinen vielfältigen Arten und Vorkommen zu erhalten, seine Lebensgewohnheiten kennenzulernen und es vor Gefahren zu schützen. Wenn wir vom Weidwerk sprechen, so meinen wir insbesondere die Hege, die Pflege und den Schutz unseres Wildes, dem vielfach nur noch ein kleiner Lebensraum verbleibt. Der Mensch sucht in seiner Freizeit Erholung, Entspannung und Ruhe in der Natur gerade dort, wo sich unser Wild am sichersten fühlt. Liebe zur Natur, gepaart mit menschlicher Vernunft, ist die Voraussetzung für ein ungestörtes Leben unseres Wildes. Der Jäger kennt jedes einzelne Tier seines Jagdreviers sehr genau und weiß, welches Stück erlegt werden kann. Der Abschuss muß geplant sein, damit zu jeder Zeit ein nützlicher, volkswirtschaftlich tragbarer Wildbestand garantiert ist. Ein zweckmäßiger Bestand an Niederwild - dazu gehören insbesondere Hasen, Wildkaninchen, Enten und Fasane sowie in sehr geringem Ausmaß auch Rebhühner und Wildtauben - ist für die menschliche Ernährung von großem Nutzen, und ein tragbarer Abschuss sichert für viele Menschen zur Weihnachtszeit den so beliebten Hasenbraten.

Für die Niederwildjagd wird die Flinte, d. h. der Schuß mit der Schrotpatrone, verwendet. Auch für die Vernichtung der Elstern, Krähen usw. wird die Flinte benutzt. Zur Jagd auf Fuchs und Dachs wird in der Regel ebenfalls die Flinte benutzt, aber auch das kleinkalibrige Geschoß aus der Schonzeitbüchse kann zum Stellen dieser heimlichen Räuber verwendet werden. Die Auswahl der Kalibergrößen, z. B. Kal. 12, Kal. 16 oder Kal. 20, unterliegt den jeweiligen Jagdmöglichkeiten und besonders dem Wunsch des Jägers. Er kann selbst entscheiden, ob er ein leichtes, führiges Gewehr benutzen oder lieber mit mehr Schrotten in der Patrone schießen will. Für den Jagdmaschinenmechaniker und für den Büchsenmachermeister ist die Kenntnis des großen Einflusses der Schaftlage eines Gewehrs auf die Schußerfolge äußerst wichtig.

Die Jagd auf Schalenwild - hierzu gehören Rehe, Hirsche und Wildschweine sowie zunehmend Dam- und Muffelwild - wird ausschließlich mit der Büchse vorgenommen. Diesem Grundsatz hat auch die jagdliche Gesetzgebung Rechnung getragen. Sie verbietet den Schuß mit grobem Schrot (Schrotdurchmesser > 6 mm) auf Schalenwild. Ausnahmsweise ist der Schuß mit einem Flintenlaufgeschoß auf Schalenwild dort erlaubt, wo nicht genügend Büchsen oder Gewehre mit kombinierten Läufen vorhanden sind. Sehr gute Ergebnisse sind mit dem Flintenlaufgeschoß auf Entfernungen bis 50 m durchaus möglich, wenn der Flintenlauf für dieses Geschoß eingerichtet ist. Mit dem Flintenlaufgeschoß, das ein Plastleitwerk hat, wurden sehr gute Erfolge erzielt. Der Schuß mit dem Flintenlaufgeschoß kann trotzdem immer nur ein Notbehelf sein.

Der gezogene Büchslauf, sei es nun der Lauf einer einläufigen Büchse, eines Drillings, einer Büchsflinte oder einer Bockbüchsflinte, wird stets die bevorzugte Jagdwaffe des Hochwildjägers sein. Mit einem solchen Gewehr, das in der Regel zusätzlich mit einem Zielfernrohr ausgestattet ist, wird der Jäger sowohl auf dem Pirschgang als auch auf der Ansitzjagd gute Erfolge erzielen. Der Jäger muß trotz aller guten Voraussetzungen beachten, daß selbst mit Hochgeschwindigkeitspatronen nicht auf zu große Entfernungen geschossen werden darf.

Ein weidgerechter Jäger wird stets daran denken, denn er will ja das Wild zur Strecke bringen und nicht durch einen unsicheren Schuß verludern lassen. Sein humanistisches Empfinden veranlaßt den Jäger, keiner Kreatur mehr Schmerzen zu bereiten, als es unumgänglich ist.

Auf Grund der Vielzahl vorhandener Geschoßkaliber, Projektile und Laborierungen muß der Jäger stets die Patrone auswählen, die für die von ihm zu bejagende Wildart am geeignetsten ist. Aufgabe des Büchsenmachermeisters ist es, dem Jäger entsprechende und umfassende Auskunft über die ballistischen und jagdlichen Leistungen der jeweiligen Patronensorte zu geben. Nur ein Fachmann mit vielseitigem Wissen und Können ist in der Lage, dem Jäger Rat und Hilfe bei Ausübung der Jagd zu erteilen und ihm zu einer möglichst hohen Sicherheit in der Handhabung und Führung seiner Waffe zu verhelfen.

2. Jagdgewehr

2.1. Hauptteile

Hauptteile eines Jagdgewehrs (Kipplaufgewehrs) sind

- Gewehrlauf,
- Schaft und
- Verschußstück, auch Systemkasten oder Basküle genannt (Bilder 3.2.45 bis 3.2.53).

Der Gewehrlauf nimmt die Patronen auf, lagert sie im Patronenlager und gibt dem Geschoß oder der Geschoßgarbe Richtung und Führung. Je genauer die Führung, um so größer die Treffgenauigkeit. Das Herstellen des Laufinnern erfordert deshalb peinlichste Sorgfalt.

Der Schaft erleichtert das Zielen. Bei Sportgewehren für Meisterschützen wird der Schaft dem Körper des Sportschützen angepaßt. Aber auch für den Jäger ist ein ihm angepaßter Schaft beim Schießen auf flüchtiges Wild zumeist vorteilhaft.

Das Verschußstück nimmt die Teile des Schlosses, des Verschlusses und der Sicherung auf, schließt den Lauf am Laufmundstück ab und bildet das Verbindungselement zwischen Lauf und Schaft.

2.2. Handhabung

Soll mit einem Jagdgewehr ein Schuß abgegeben werden, muß zunächst eine für das Gewehr passende Patrone in das Patronenlager, das sich im Lauf befindet, eingeführt werden. Der Verschußhebel wird gedreht und die Verbindung des Laufs mit dem Verschußstück gelöst; der Lauf dreht sich nun um die Scharnierachse, so daß die Laufbohrung zum Einführen der Patrone frei wird.

Zum Entzünden der Zündmasse wird Energie benötigt, die die Schlagfeder durch den Spannvorgang erhält. An Jagdgewehren älterer Bauart erfolgt das Spannen der Feder durch Drehen des außen am Verschußstück liegenden Hahns. Bei Jagdgewehren neuerer Bauart wird beim Öffnen des Gewehrs das innenliegende Schlagstück gedreht und die Feder dabei gespannt. In der gespannten Federstellung verharrt das Schlagstück bis zum Augenblick der Schußabgabe. Durch Drehen des Abzugs wird die Federenergie auf das sich drehende Schlagstück übertragen, das beim Aufschlagen auf das Zündhütchen die zum Entzünden erforderliche Arbeit verrichtet. Heiße Stichflammen entzünden das Pulver. Durch die Verbrennung entsteht ein hoher Gasdruck. Das Geschoß wird durch eine große Kraft in beschleunigte Bewegung versetzt.

3. Herstellen eines Jagdgewehrs

3.1. Berufe für die Jagdgewehrfertigung

Beim Herstellen eines Jagdgewehrs werden unterschieden:

- maschinelle Arbeitsprozesse (Tafel 3.1.1),
- handwerkliche Arbeitsprozesse (Tafel 3.1.2).

In maschinellen Arbeitsprozessen werden alle Gewehrteile durch Schmieden, Drehen, Fräsen, Schleifen, Bohren, Räumen, Gewindeschneiden usw. bearbeitet. Je präziser und toleranzgerechter diese Vorarbeiten ausgeführt werden, um so mehr vermindern sich die nachfolgenden handwerklichen Arbeitsprozesse, was eine Steigerung der Arbeitsproduktivität zur Folge hat.

Tafel 3.1.1. Maschinelle Arbeitsstufen beim Herstellen eines Jagdgewehrs

Arbeitsprozeß	Werkstoff bzw. Bauteile	Arbeitsstufen	Fertigungsergebnis
Einzellauf-fertigung	Schmiederohling	Rohling warm-dornschmieden Fräsen Drehen Richten Schleifen Richten Superfinishen Richten Vorbeschuß	Einzellauf
Verschlußstück-fertigung	Schmiederohling	Fräsen Bohren Gewindeschneiden	Verschlußstück
Kleinteile-fertigung	Schmiederohling (Profil-, Rund-, Flachmaterial)	Fräsen Bohren Drehen	z.B. Schloßblech, Eisenvorderschaft, Abzugblech
Schaftfräserei	Kantel	Feinkopieren (Außenform) Kopieren Fräsen	Hinterschaft, Vorderschaft
Lauffräserei	gelöteter Lauf	Fräsen Bohren	gefrästes Lager innen geschmirgeltes Lager
Poliererei	Verschlußstück Laufteile Kleinteile	Vorschleifen Polieren Fettschleifen Bürsten	fertige bzw. weiterverarbeitbare Teile

Tafel 3.1.2. Manuelle (handwerkliche) Arbeitsstufen beim Herstellen eines Jagdgewehrs

Bauteile	Arbeitsstufen	Fertigungsergebnis
Einzelläufe Hakenstücke Greener-Schienen	Anpassen Richten Hartlöten Aufpassen Weichlöten	gelöteter und garnierter Lauf
Schloßbleche (Abzugbleche) Schloßteile (Kleinteile)	Anpassen Einpassen Funktion einstellen	Schloßblech (Abzugblech komplett)
Laufbaueinheiten Verschlußstücke Schloßbleche (Abzugbleche)	Anklappen Aufklappen Verschluß einpassen und anpassen Spannerei einpassen und justieren Ausfeilen Haltbarkeitsbeschuß	System weißfertig
Hinter- und Vorderschäfte Weißfertige Systeme	Einschäften Aufpassen (Vorderschaft) Reparieren Formschneiden Ausschäften (Glattmachen) Wässern (Poren heben) und Bimsen Ölen Fischhautschneiden	Gewehr weißfertig
Verschlußstücke Laufbaueinheiten und einige Kleinteile	Gravieren Schättieren Einlegen (Gold, Silber, Elfenbein)	weißfertiges Gewehr verschönert
Verschlußstücke Eisenvorderschäfte Kleinteile	Bunteinsetzen Graubeizen Lackieren	verschönertes weiß- fertiges Gewehr weiter verschönert und/oder geschützt
Laufbaueinheiten	Entfetten, Abspülen Einstreichen Abkochen Kratzen Einstreichen usw. Abkochen in Schwarzwasser	brünierter Lauf
	Anklappen Verschlußmontage Spannen Einschießen	fertiges Gewehr
	Abnahme (Gewehrpaß)	versandfertiges Gewehr

In handwerklichen Arbeitsprozessen werden die mechanisch vorgearbeiteten Teile vom Laufschlosser, Schloßmacher, Systemmacher und Schäfte weiter bearbeitet. An das berufliche Wissen und Können dieser Facharbeiter werden besonders hohe Anforderungen gestellt. Von ihren Arbeitsergebnissen hängt die in der ganzen Welt bekannte vorzügliche Qualität der Suhler Jagdwaffen ab.

In der Deutschen Demokratischen Republik werden für die Jagdwaffenherstellung und -instandsetzung Jagdwaffenmechaniker und Laufschlosser in zweijähriger Lehrzeit ausgebildet.

Laufschlosser

Er fügt die durch Schmieden, Vergüten, Richten, Bohren, Drehen, Schleifen vorgearbeiteten Einzelläufe zu Doppelflinten, Drillingen oder Vierlingen durch Passen sowie Hart- und Weichlöten zusammen (Tafel 3.2.6). Sein besonderes Augenmerk legt er dabei auf die richtige Lage der Einzelläufe, von denen eine möglichst große Treffsicherheit gefordert wird. Sie ist nur durch genaue Paßqualität erreichbar. Besondere Aufmerksamkeit muß auf das Hart- und Weichlöten beim Verbinden mehrerer Einzelläufe zu einem kombinierten Lauf gelegt werden.

Jagdwaffenmechaniker

Er verbindet Lauf, Verschußstück und Vorderschaft miteinander. Sodann vereint er die Schloß- und Verschußteile, Auswerfer- und Sicherungsteile zu einem funktionssicheren „System“. Seine Tätigkeit erfordert vielseitiges handwerkliches Können und technisches Verständnis; insbesondere benötigt er umfassende Kenntnisse über die Gesetze der Mechanik, Dynamik und Statik. Einige Jagdwaffenmechaniker spezialisieren sich zum Schloßmacher oder Schäfter.

Der Schloßmacher fertigt für besondere Gewehre die Schlosse an, wozu er mechanisch vorgearbeitete Teile verwendet. Durch Feilen und Passen fügt er die Einzelteile zu einem gut funktionierenden Mechanismus zusammen.

Der Schäfter verbindet das sogenannte „System“ mit dem Holzvorderschaft, in der Weise, daß sich die einzelnen Teile frei bewegen können. Die äußere Form des Schafts entspricht typisierten Körpermaßen des Jägers. Auf Wunsch werden auch kunstvolle Schaftverschneidungen und -verzierungen durch Elfenbeineinlagen vorgenommen.

Büchsenmachermeister

Er ist der höchstqualifizierteste Jagdwaffenfachmann, der nach dem Gewinnen von beruflichen Erfahrungen in einem der genannten Ausbildungsberufe ein Meisterstudium absolviert hat. In der Regel ist er es, der auch die Verbindung zwischen den Produzenten und den Nutzern herstellt.

Der Aufgabenbereich des Büchsenmachermeisters umfaßt unter anderem:

- fachliches Beraten der Jäger und Sportschützen,
- Ausführen von Reparaturen am Schaft und am System,
- Ausführen von Schaftveränderungen,
- Montieren von Zielfernrohren,
- Kontrollieren und Korrigieren der Zieleinrichtung,
- Einschießen des Gewehrs.
- Die Vielseitigkeit der Tätigkeit des Büchsenmachermeisters setzt eine gründliche Kenntnis der zahlreichen unterschiedlichen Waffensysteme und gute handwerkliche Fertigkeiten voraus. Dementsprechend erfolgt seine Meisterausbildung sowohl auf dem Gebiet der Pädagogik, insbesondere der Führungstätigkeit von Kollektiven, und der Ökonomik usw. als auch auf mehreren speziellen Arbeitsgebieten, z. B. der Systemmacherei und der Schäfterei.

Weitere Tätigkeiten bei der Jagdwaffenherstellung bzw. -instandsetzung erfolgen durch dafür spezialisierte Laufschlosser oder Jagdwaffenmechaniker bzw. durch Facharbeiter anderer Ausbildungsberufe (z. B. Graveure) oder durch angelernte Werk tätige.

Der Polierer poliert alle Metallgewehrteile auf rotierenden Scheiben, deren Mantelflächen mit feinem Schmirgel versehen sind; der Schmirgel ist aufgeleimt.

Der Graveur graviert in die polierte Oberfläche der äußeren Teile des Gewehrs Arabesken oder Jagdszenen.

Der Brünierer versieht den Lauf mit einer schwarzen Schutzschicht, die Lichtreflexionen beim Zielen und Oxydation infolge Witterungseinflüssen verhindern soll.

Der Einsetzer härtet und färbt das Verschußstück und die übrigen außenliegenden Teile - außer dem Lauf - an ihrer Oberfläche. Die gehärtete und farbige Schicht schützt die entsprechenden Teile vor dem Oxydieren.

Der Ausschäfter glättet die Schaftoberfläche mit der Schlichtfeile und mit feinem Sandpapier. Hierauf öffnet er durch Wässern die Poren des Holzes und füllt sie mit Öl, wodurch der Schaft witterungsbeständig wird.

Der Fertigmacher setzt alle zum Gewehr gehörenden Teile zusammen, überprüft das System auf seine Funktion und beseitigt auftretende Mängel; das Gewehr ist dann „weißfertig“.

Der Einschießer prüft auf dem Schießstand die Schußleistung und nimmt gegebenenfalls Korrekturen vor.

Der Reparierer ermittelt die Ursachen für eingetretene Mängel, zerlegt das Gewehr gegebenenfalls in seine Hauptteile, behebt die Mängel zumeist selbst und übernimmt die Funktion des Fertigmachers.

3.2. Gewehrlauf

3.2.1. Aufgaben des Gewehrlaufs

Am Anfang des Laufinnern befindet sich das Patronenlager; in diesem wird die Patrone bis zur Schußabgabe aufbewahrt (gelagert). Der lange zylindrische Teil führt das Geschos oder die Schrotsäule auf dem ersten Teil des Weges zum Ziel.

Beim Schrot- oder Flintenlauf ist die Bohrungswand spiegelglatt gerieben und poliert, damit die Reibung zwischen Schrotsäule und Bohrungswand möglichst gering ist.

Beim Büchslauf ist die Bohrungswand mit schraubenförmig gewundenen Vertiefungen versehen, die in der Fachsprache „Züge“ genannt werden. Der Büchslauf dient zum Schießen mit Einzelgeschossen. Die Kanten der Züge pressen sich in die Mantelfläche der Geschosse ein. Dadurch werden die Geschosse um ihre Längsachse in Drehung versetzt, um durch den erhaltenen Drall (Drehimpuls) ihre Flugstabilität zu erhöhen. Der Büchsschuß ist ein Punktschuß, der Schrotschuß - ausgenommen der Schuß mit einem Flintenlaufgeschos - ein Streuschuß.

3.2.2. Lauffertigung im 19. Jahrhundert

Die Herstellung der Gewehrläufe bereitete in früheren Zeiten erhebliche Schwierigkeiten, weil die technischen Einrichtungen fehlten, die heute die handwerklichen Tätigkeiten weitgehend erleichtern oder sogar ersetzen. Heinrich Anschütz, Suhl, unterschied in seiner 1811 herausgegebenen Broschüre über die Suhler Gewehrfabrik bezüglich der Herstellungstechnologie vier Laufarten:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| • den ordinären Lauf | • den gedrehten Lauf |
| • den gewundenen Lauf | • den Damastlauf. |

Ordinärer Lauf

Eine Schiene oder Platine (ein Flachstahl) - etwa 80 cm (32 Zoll) lang, etwa 10 cm (4 Zoll) breit und etwa 10 mm ($\frac{3}{8}$ Zoll) dick - wurde in glühendem Zustand unter dem Schmiedehammer um einen Dorn gebogen, so daß die Längsseiten stumpf aneinanderlagen und eine Naht parallel zur Seelenachse bildeten. Diese Naht wurde bei Schweißhitze, ebenfalls unter dem Schmiedehammer, verschweißt. Nach dem Schweißen wurde die Bohrung mit einer Vierkantreibahle glattgerieben, das Laufäußere abgedreht und von Hand auf einem Schleifstein von 1,75 m Durchmesser geschliffen (Bilder 3.2.1 bis 3.2.4); abgeschlossen wurde der Lauf an einer Seite durch eine sogenannte Schwanzschraube.

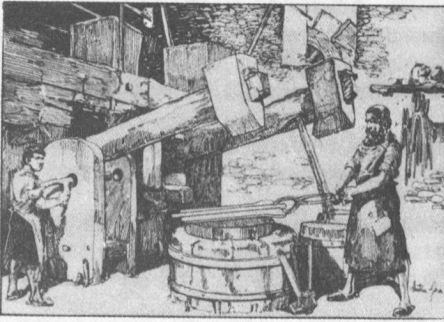


Bild 3.2.1. Schmieden

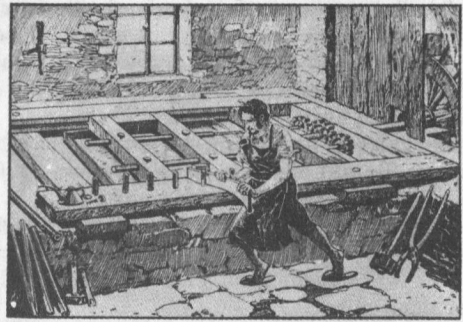


Bild 3.2.2. Reiben

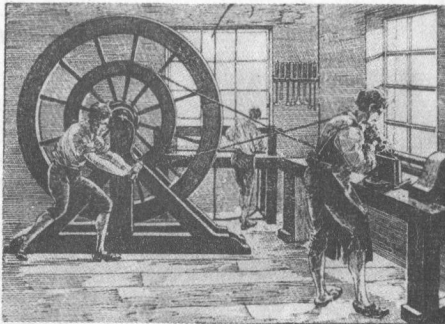


Bild 3.2.3. Drehen

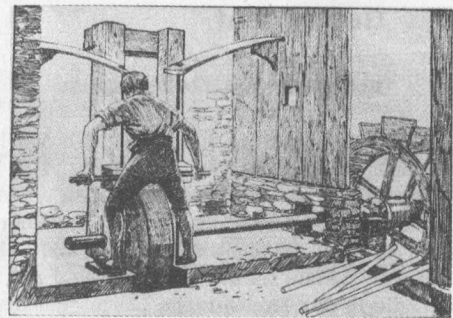


Bild 3.2.4. Schleifen

Gedrehter Lauf

Die beim ordinären Lauf parallel zur Seelenachse verlaufende Schweißnaht war oft Ursache für Laufsprennungen. Deshalb verdrehte man die verschweißten Läufe nach nochmaligem Erwärmen, in der Mitte des Laufs beginnend, so daß die Schweißnaht wie eine Schraubenlinie um die Seelenachse verlief.

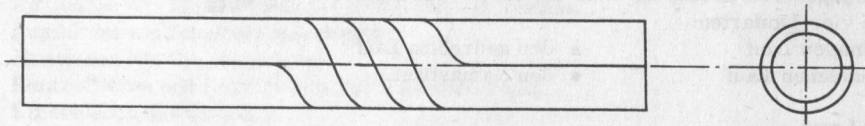


Bild 3.2.5. Beginn des Drehens

Die so gedrehten Läufe waren haltbarer, da die Belastung durch den Gasdruck hauptsächlich auf den Werkstoff übertragen und damit die Schweißnaht entlastet wurde.

Gewundener Lauf

Ein Flachstahl wurde schraubenförmig um einen Stahldorn oder um ein Stahlrohr gewunden; dabei wurde nach und nach die schraubenförmig verlaufende Naht unter dem Rohrhammer verschweißt.

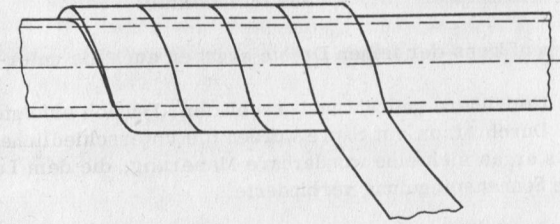


Bild 3.2.6
Herstellungsprinzip
des gewundenen Laufs

Damastlauf

In Damaskus wurden Schwerter aus Stahl in hervorragender Qualität hergestellt. Als das Herstellungsverfahren dieser Schwerter in Europa bekannt wurde, begann man hier bald, es auch für Gewehrläufe zu nutzen. Der Flachstahl, der wie beim gewundenen Lauf um eine Hülse gewunden wurde, mußte auf eine besondere Art und Weise hergestellt werden; diese war zuvor das Geheimnis der Damaszener. Zunächst wurden etwa 100 feine Drähte von quadratischem Querschnitt ($0,7 \text{ mm} \times 0,7 \text{ mm}$) mosaikförmig zu einem quadratischen Stahlstab verschweißt.

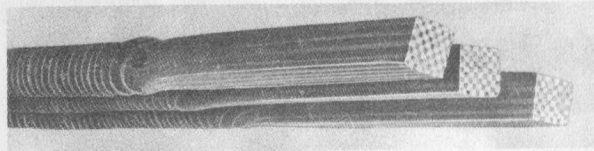
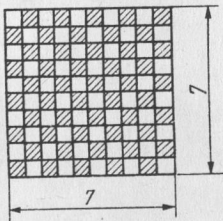
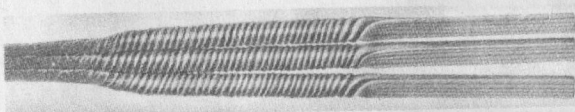


Bild 3.2.7. Querschnitt
durch einen Damaststahlstab

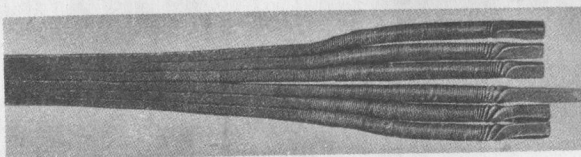
Bild 3.2.8. Damaststahlstäbe

Die einzelnen feinen Drähte waren von unterschiedlicher Stahlqualität; die eine Hälfte bestand aus kohlenstoffarmem, die andere Hälfte aus kohlenstoffreichem Stahl. Beide Stahlarten ergaben in ihrer Verschmelzung (Bild 3.2.7) ein für damalige Verhältnisse gutes Gewehrlaufmaterial. Dieser Stahl hielt dem Gasdruck stand und war so elastisch, daß keine bleibende Verformung auftrat. Das Verschweißen der dünnen Drähte war äußerst schwierig, weil sehr leicht eine Überhitzung eintreten konnte. Auch die nachfolgenden Arbeiten erforderten hohe handwerkliche Geschicklichkeit.

Der quadratische Stahlstab wurde wie der gedrehte Lauf um seine Längsachse im glühenden Zustand verdreht und mit drei bis sechs anderen Stäben zu einem Flachstahl verschweißt.



a)



b)

Bild 3.2.9
Damastflachstahl
a) 3 Stäbe
b) 6 Stäbe

Aus dem Damastflachstahl wurde ein gewundener Lauf geschmiedet und geschweißt.

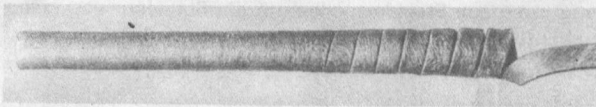


Bild 3. 2. 10
Herstellung
eines Gewehrlaufs
aus Damaststahl

Die vielen Möglichkeiten des Zusammenfügens der feinen Drähte ergaben auch die unterschiedlichen Damaststahlarten.

Das Laufinnere wurde gerieben, das Laufäußere gedreht und geschliffen. Danach erfolgte eine chemische Oberflächenbehandlung. Durch Ätzen mit Säure wurden die unterschiedlichen Stähle verschieden stark angegriffen. Es ergab sich eine wunderbare Maserung, die dem Lauf ein gefälliges Aussehen verlieh und eine Sonnenspiegelung verhinderte.

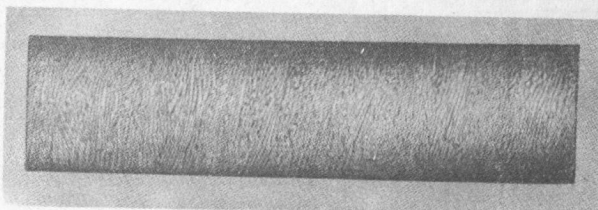
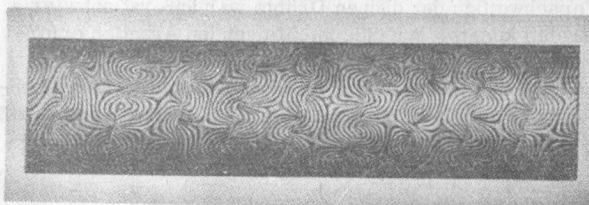
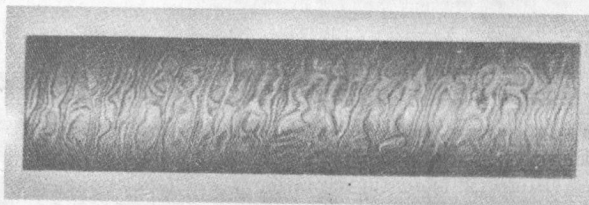
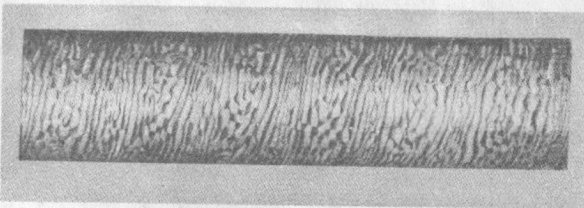
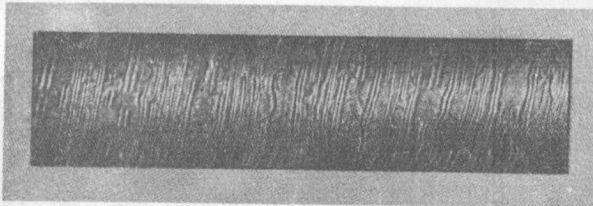


Bild 3. 2. 11
Oberfläche von
Damaststahl Läufen

Durch Brünieren konnte ebenfalls die ornamentartige Maserung sichtbar gemacht werden.

Die rasch fortschreitende technische Entwicklung der handwerklichen und industriellen Produktion führte zum Legieren des Kohlenstoffstahls mit Chrom, Vanadium, Nickel, Silizium, Mangan usw. Dadurch entstanden neue Stahlsorten, die weniger aufwendig als Damaststahl hergestellt werden konnten und in ihren Eigenschaften, wie Elastizität, Zugfestigkeit, Härte und Korrosionsbeständigkeit, dem Damaststahl überlegen waren. Damit konnte anstelle des Damaststahls ein homogener Gewehrlaufstahl treten, dessen Eigenschaften in weiten Grenzen variierbar sind.

3.2.3. Technologien der Lauffertigung

Heute erfolgt eine rationelle Lauffertigung durch verschiedene hochproduktive Verfahren, die das Herstellen der Gewehrläufe von gleichbleibender hoher Qualität sichern.

Schmieden

Das Schmieden des Gewehrlaufs dient sowohl der Formgebung als auch der Verbesserung des Gefüges durch Verkleinern des Gefügekorns; die Struktur des Gefüges wird feiner.

Zum Schmieden wird der sogenannte Knüppel vom Rundstangenmaterial (50 mm Durchmesser) abgetrennt. Die Länge richtet sich nach den Fertigmaßen des Laufs, die je nach Verwendung zwischen 500 und 750 mm liegen. Die Knüppel werden unter dem Luft- oder Dampfhammer gestreckt. Die äußere Form des geschmiedeten Laufs entspricht bereits der des fertigen Laufs mit den erforderlichen Aufmaßen. Am Patronenlager ist der Durchmesser des Laufs wegen der höheren Belastung größer als an der Laufmündung.

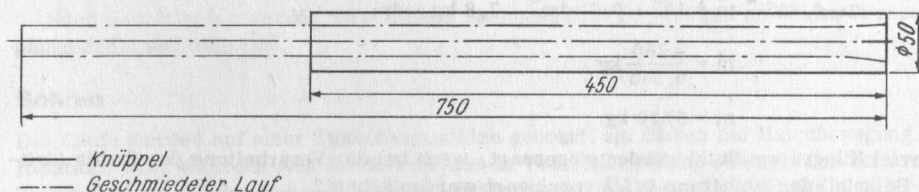


Bild 3.2.12. Schmiedestück für einen Lauf

Berechnen des Werkstoffbedarfs

Beispiele

1. Zum Schmieden eines Gewehrlaufs steht Rundmaterial von 50 mm Durchmesser zur Verfügung. Es sollen Läufe geschmiedet werden, die einen mittleren Durchmesser von 30 mm und eine Länge von 750 mm haben. Der Verlust durch Abbrand beträgt 15 %. Zu berechnen ist die Länge des Knüppels.

Lösung:

$$V_{\text{Knüppel}} - V_{\text{Abbrand}} = V_{\text{Lauf}}$$

$$\frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot l_1}{4} - 0,15 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot l_1}{4} = \frac{\pi \cdot d_2^2 \cdot l_2}{4}$$

$$0,85 \cdot d_1^2 \cdot l_1 = d_2^2 \cdot l_2$$

$$l_1 = \frac{d_2^2 \cdot l_2}{0,85 \cdot d_1^2} = \frac{30^2 \text{ mm}^2 \cdot 750 \text{ mm}}{0,85 \cdot 50^2 \text{ mm}^2}$$

$$l_1 = 318 \text{ mm}$$

2. Zum Schmieden von Gewehrläufen steht Rundstahl von 45 mm Durchmesser zur Verfügung. Die Knüppel sind 500 mm lang. Der mittlere Durchmesser des Gewehrlaufs soll 35 mm betragen. Es ist die Länge des geschmiedeten Gewehrlaufs zu errechnen. Der Verlust durch Abbrand beträgt 15 %.

Lösung:

$$0,85 \cdot \frac{d_1^2}{4} \cdot l_1 = \frac{d_2^2}{4} \cdot l_2$$

$$l_2 = \frac{0,85 \cdot d_1^2 \cdot l_1}{d_2^2} = \frac{0,85 \cdot 45^2 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ mm}}{35^2 \text{ mm}^2}$$

$$l_2 = 703 \text{ mm}$$

3. Es sollen 1 000 Gewehrlaufrohlinge geschmiedet werden. Mittlerer Durchmesser 36 mm, Länge 600 mm. Beim Schmieden muß mit einem Abbrand von 14 % gerechnet werden. Außerdem entsteht beim Trennen noch ein Verlust von 1,5 %. Die Dichte ist 7,8 kg/dm³. Zu errechnen ist der Werkstoffbedarf.

Lösung:

$$(1 - 0,14 - 0,015) \cdot m = z \cdot V \cdot \rho \quad V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = 0,61 \text{ dm}^3$$

$$0,845 \cdot m = 10^3 \cdot 0,61 \text{ dm}^3 \cdot 7,8 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$m = \frac{4760}{0,845} \text{ kg}$$

$$m = 5630 \text{ kg}$$

4. Wieviel Kilogramm Stahl würden eingespart, wenn bei der Verarbeitung des Stahls (drittes Beispiel) der Abfall um 0,5 % verringert werden könnte?

Lösung:

$$\Delta_m = 5630 \text{ kg} - \frac{5630 \cdot 0,845}{0,85} \text{ kg}$$

$$\Delta_m = 5630 \text{ kg} - 5597 \text{ kg}$$

$$\Delta_m = 33 \text{ kg}$$

5. Ein Laufrohring hat einen Durchmesser von 34 mm und eine Länge von 70 cm. Er erhält eine Bohrung von 20 mm Durchmesser. Die Dichte beträgt 7,85 kg/dm³.

Zu errechnen sind:

- Masse des Rohlings
- Masse nach dem Bohren
- Werkstoffabfall in Prozent durch das Bohren.

Lösung:

Tafelwerk (Massetafel für Rundstahl) 0,713 kg · cm⁻¹ und 0,247 kg · dm⁻¹

- $m_1 = 0,713 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-1} \cdot 7 \text{ dm} = 4,99 \text{ kg} \approx 5 \text{ kg}$
- $m_2 = 5 \text{ kg} - 0,247 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-1} \cdot 7 \text{ dm} = (5 - 1,729) \text{ kg} = 3,271 \text{ kg}$
- $5 \text{ kg} : 100\% = 1,729 \text{ kg} : x$

$$x = \frac{1,729 \text{ kg} \cdot 100\%}{5 \text{ kg}}$$

$$x = 34,6\%$$

Normalisieren

Die Rohlinge werden in einem Muffelofen etwa 30 min auf einer Temperatur von $860\text{ }^{\circ}\text{C}$ gehalten. Die durch den Schmiedevorgang veränderte Gefügestruktur verwandelt sich in den ursprünglichen Zustand (normalisiert sich), und Werkstoffspannungen werden beseitigt.

Vergüten

Die Rohlinge werden nach dem Normalisieren auf Härtetemperatur gebracht und in Öl abgeschreckt. Die Härtetemperatur ist abhängig von der Gefügebesechaffenheit des Stahls; sie beträgt bei Ck 65 etwa $840\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nach dem Abschrecken werden die Rohlinge in einem Muffelofen angelassen, d.h. auf $580 \cdots 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ erwärmt. Der Anlaßprozeß dauert etwa 4 h. Durch die Warmbehandlung können Härte, Zähigkeit, Zugfestigkeit und Elastizitätsgrenze wesentlich beeinflusst werden.

Richten

Die vergüteten Rohlinge werden gerichtet; denn beim nachfolgenden Bohren führen sie die Drehbewegung aus, die nur bei einem geraden Werkstück erschütterungsfrei sein kann. Das Richten erfolgt in waagerechter Lage. Die Rohlinge werden drehbar gelagert und durch die Wirkung einer Kraft gerichtet.

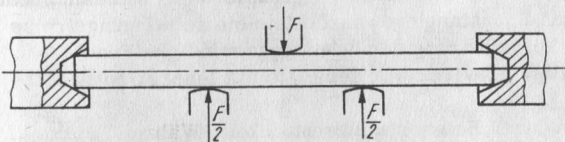


Bild 3.2.13
Richten des Laufrohlings

Nach dem Richten werden die Rohlinge spannungsfrei gegläht und an beiden Stirnseiten plangedreht und abgefast.

Bohren

Die Läufe werden auf einer Tiefbohrmaschine gebohrt; sie führen die Hauptbewegung, die Rotation, aus, während sich der Bohrer nur in Vorschubrichtung bewegt. Das rotierende Werkstück übt auf den Bohrer eine Zentrierkraft aus, die ihn auf Mitte hält.

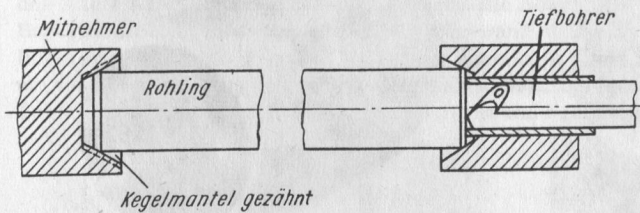


Bild 3.2.14
Bohren des Laufrohlings

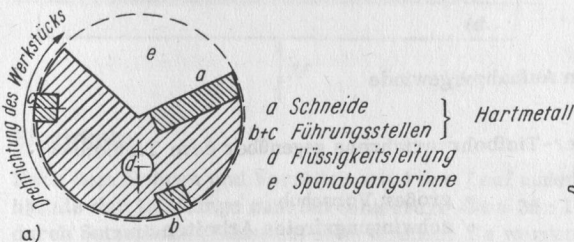


Bild 3.2.15. Gewehrlaufbohrer
a) Querschnitt; b) Längsansicht der Schneide

Ein Verlaufen des Bohrers kann durch ungleichmäßiges Gefüge oder hartes Korn im Gefüge eintreten. Bei der relativ großen Bohrtiefe muß für einen kontinuierlichen Abtransport der Bohrspäne gesorgt werden, damit der Bohrer frei schneiden kann. Ein für das Werkzeug gefährliches Klemmen an der Bohrungswand wird dadurch vermieden.

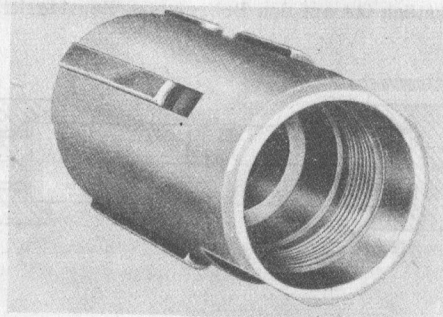
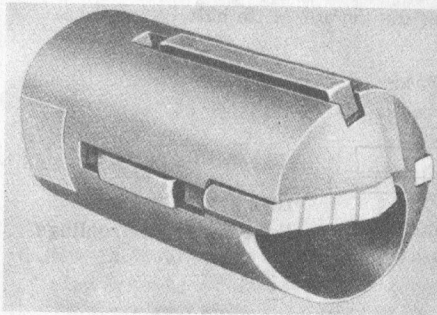
Durch ein Röhrchen (Bild 3.2.15) fließt Bohr- bzw. Kühlflüssigkeit mit einem Druck von etwa 4 MPa an die Schneide und in einer parallel zur Bohrerachse verlaufenden Rinne wieder heraus. An der Schneide werden die Späne gebrochen und mit der Bohrflüssigkeit herausgeschwemmt. Die Tiefbohrmaschinen sind mehrspindlig und arbeiten bis auf das Ein- und Ausspannen automatisch, so daß ein Facharbeiter mehrere Maschinen bedienen kann.

Vorreiben

Die Seelenwand weist nach dem Bohren Bohrriefen auf, die durch Reiben mit einer Reibahle auf der „Räumbank“ beseitigt werden. Mit Rücksicht auf das kleine Widerstandsmoment der Räumstange sind Schnittgeschwindigkeit und Vorschub bei diesem Arbeitsprozeß verhältnismäßig niedrig.

1937 wurde erstmals von Burgsmüller anstelle der profilierten Bohrstange ein Rohr (Hohlzylinder) verwendet, an dessen Verlängerung ein Bohrkopf mit der Schneide und drei Führungsleisten befestigt waren. Als Kühlmittel wurde Druckluft in den Ringraum zwischen Bohrungswand und Außendurchmesser gedrückt. Kühlmittel und Späne gelangten durch den Hohlraum der Bohrstange in den Abflußbehälter. Das erheblich größere Widerstandsmoment des Bohrrohrs gegenüber der profilierten Bohrstange gewährleistete ein schwingungsfreies Arbeiten und gestattete eine erhebliche Vergrößerung der Schnittgeschwindigkeit und des Vorschubs. Der Burgsmüller-Hartmetall-Tiefbohrer war der erste mit innerer Spanabführung.

1942 wurde dieses Tiefbohrverfahren durch Beisner weiterentwickelt. Während Burgsmüller senkrecht von unten nach oben bohrte, um den Spanabfluß zu erleichtern, bohrte Beisner waagrecht, verwendete Öl als Kühlmittel und einen verbesserten Bohrkopf. Das Kühlmittel wird mit erheblichem Druck von außen an die Bohrerschneide geführt und fließt zusammen mit den Spänen durch das Innere des Bohrkopfs und des Bohrrohrs ab. Die Späne berühren nicht mehr die Bohroberfläche. Durch den reichlichen Kühlmittelzufluß werden die Führungsleisten des Bohrkopfs ständig gut überspült; Ergebnis ist eine glatte Bohroberfläche.



a)

b)

Bild 3.2.16. Beisner-Tiefbohrer

a) Ansicht auf Schneide; b) Ansicht zum Aufnahmewinde

Die wesentlichen Vorteile des Beisner-Tiefbohrverfahrens gegenüber dem Tiefbohrverfahren mit profilierter Bohrstange sind

- große Schnittgeschwindigkeit
- glatte Bohroberfläche
- großes Widerstandsmoment der zylindrischen Bohrstange.
- großer Vorschub
- schwingungsfreies Arbeiten

Richten nach dem Schatten

Vor dem Bearbeiten der äußeren Mantelfläche wird der Lauf gerichtet. Die Schußleistung eines Jagdgewehrs hängt im wesentlichen von der Qualität der Laufseele ab. Die Seelenwand (Bohrungswand) wird eingehend geprüft. Der Laufrichter blickt in den Lauf (Bild 3.2.17) und sieht auf der Seelenwand Schattenlinien, die als Mantellinien von der Mündung aus nach hinten verlaufen.

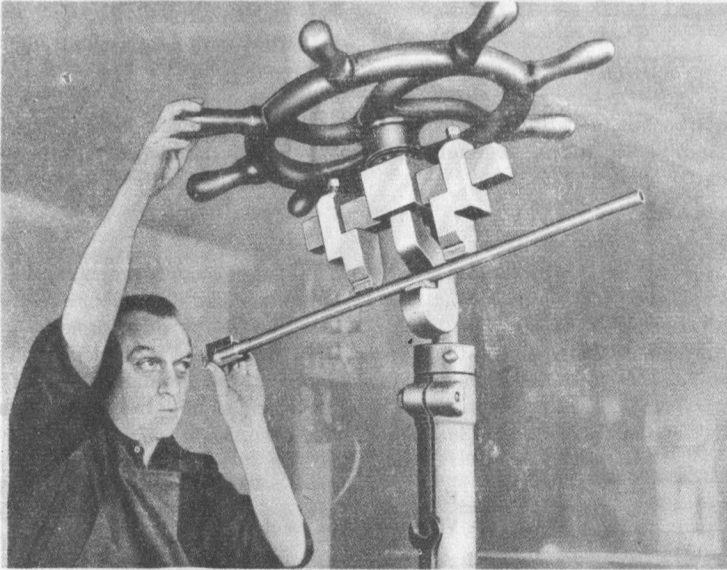


Bild 3.2.17
Laufrichten

Bilden diese Schatten gerade Linien, so ist die Seelenachse ebenfalls eine Gerade; weichen sie an einer Stelle von der Geraden ab, wird die Abweichung mit Hilfe der Laufrichtmaschine beseitigt. Diese Maschine übt beim Drehen eines großen Handrads an drei äußeren Stellen des Laufs Kräfte aus und beseitigt dadurch die Abweichung. Während der Laufrichter das Handrad dreht, beobachtet er an der Seelenwand die Kraftwirkung. Verlaufen die Schattenlinien nach Entlastung gerade, so ist der Lauf in Ordnung. Nach sorgfältiger Arbeit und gewissenhafter Prüfung kann mit der Außenbearbeitung begonnen werden. Die Tätigkeit des Laufrichters erfordert hohe Geschicklichkeit und ausgezeichnetes Sehvermögen.

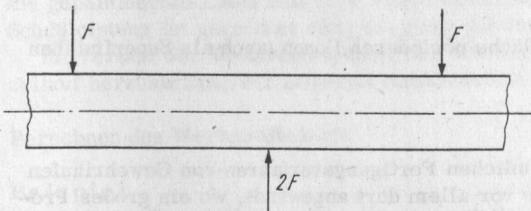


Bild 3.2.18
Prinzip des Laufrichtens

Einzirkeln

Nach dem Bohren und Vorreiben wird der Lauf außen spanend bearbeitet. Das große Verhältnis der Lauflänge zum Durchmesser, etwa 20 : 1, bedingt eine zweifache Unterstützung durch Setzstöcke (Lünetten) beim Drehen. Es werden für die Setzstöcke zwei Lagerstellen eingedreht, die zur Bohrung konzentrisch verlaufen müssen. Auf der noch rohen Oberfläche wird eine Laufbüchse so befestigt, daß ihre Achse mit der der Bohrung übereinstimmt; diese Tätigkeit wird als Einzirkeln bezeichnet.

Drehen der Lagerstellen

Nach dem Einzirkeln kommt der Lauf zur Drehmaschine. Die Laufbüchse ist durch Schrauben fest mit dem Lauf verbunden und wird durch einen Setzstock geführt.

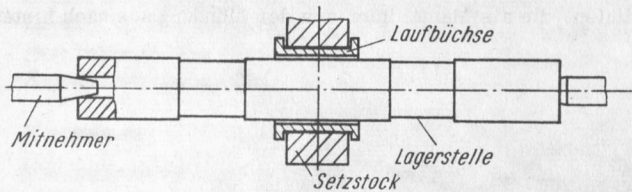


Bild 3.2.19
Drehen der Lagerstellen

Ein Vibrieren des Laufs beim Eindrehen der Lagerstellen wird dadurch verhindert. Nach dem Eindrehen wird die Laufbüchse wieder abgenommen. Nun kann das Drehen des Laufs auf der ganzen Länge erfolgen.

Vordrehen

Nach den gewissenhaft durchgeführten Vorarbeiten wird der Lauf auf der Laufdrehmaschine zunächst vordrehen. Die äußere Form des Laufs (Bild 3.2.20) ist von der Belastung des Laufwerkstoffs durch den Gasdruck abhängig. Die Laufdrehmaschine besitzt eine Kopierschiene, die die Form einer Mantellinie des Laufäußeren hat. Diese Schiene führt den Drehschlitten mit dem Drehmeißel. Obgleich die Aufnahme des Laufs auf der Drehmaschine und die Führung während des Drehens genau erfolgen, ist die Laufbohrung nach dem Drehen nicht mehr gerade; der Lauf muß nochmals nach dem Schatten gerichtet werden.

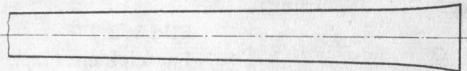


Bild 3.2.20
Vorgedrehter Lauf

Fertigdrehen

Nach dem Schleifen einer Lagerstelle auf einer Rundschleifmaschine wird der Lauf nochmals gedreht, um die beim Vordrehen entstandenen Riefen zu beseitigen.

Rundschleifen

Nach dem Fertigdrehen erfolgt diese Arbeitsstufe zur weiteren Verbesserung der Oberflächengüte.

Honen

Nach dem Rundschleifen wird die Lafoberfläche noch durch Honen (auch als Superfinishen bekannt) fein geglättet.

Hämmern

Eine wesentliche Verbesserung der herkömmlichen Fertigungsverfahren von Gewehrläufen erfolgte durch das Hämmern. Es wird heute vor allem dort angewandt, wo ein großes Produktionsvolumen den Einsatz der mit hohen Investitionen verbundenen Grundmittel ökonomisch rechtfertigt.

Das Hämmern der Gewehrläufe weist wesentliche Vorteile auf:

- Wegfall des Schmiedevorgangs und des Vergütens,
- verkürzte Tiefbohrzeit (Rohling ist nur 300 ... 400 mm lang),
- vereinfachte Fertigbearbeitung der Laufbohrung,
- Werkstoffeinsparung.

Warmhämmern der Flintenläufe

Der für einen Schrotlauf vorgesehene massive, zylindrische Rohling hat einen Außendurchmesser von 34 mm und eine Länge von 280 mm (Fertiglänge des Laufs: 800 mm). Auf der Tiefbohrmaschine erhält er durch einen Beisner-Tiefbohrer eine durchgängige zylindrische Bohrung von 20,5 mm. Der Rohling wird auf einen gehärteten feinpolierten Dorn von der Länge des fertigen Gewehrlaufs gesteckt und in die Hämmermaschine gespannt. Nach elektroiduktiver Erwärmung auf Schmiedetemperatur durchläuft er die Hämmerzone. Die kreisförmig angeordneten Hämmer pressen den Werkstoff an den Dorn und strecken den Rohling so, daß er seine rohe Außen- und Innenform mit Patronenlager, jedoch ohne Choke-Bohrung erhält. Dieser Prozeß dauert etwa 90 s. Durch den Hämmerprozeß wird die Zugfestigkeit des Werkstoffs erhöht; ein Vergüten ist nicht mehr erforderlich. Die fertige äußere Form erhält der Lauf durch Drehen und Schleifen. Die Bohrungswand wird vorgerieben. Das Richten geschieht in herkömmlicher Weise (Lichtschattenverfahren). Das Fertigbearbeiten der Laufbohrung einschließlich des Patronenlagers und der Choke-Bohrung erfolgt nach dem Zusammenlegen zu einem Doppelflinten-, Drilling- oder Vierlinglauf durch Reiben und Schmirgeln.

Kalthämmern der Flintenläufe

Die Abmessungen des für die Herstellung eines Schrotlaufs vorgesehenen Laufrohlinge sind

- Außendurchmesser 34 mm
- Bohrungsdurchmesser 21 mm
- Länge 380 mm.

Wie beim Warmhämmern wird der Rohling auf einen gehärteten, feinpolierten Dorn gesteckt, der bei diesem Verfahren bereits die negative Fertigform des Laufinnern hat, d. h. des Patronenlagers, der zylindrischen Bohrung und der Choke-Bohrung. Der Rohling wird nunmehr in kaltem Zustand durch Hämmern verformt. Die Oberfläche der Bohrung weist nach dem Verformen einen hohen Gütegrad auf und braucht nur noch durch Schmirgeln geglättet zu werden.

Der Hämmervorgang dauert etwa 195 s. Die äußere Form ist vorgehämmt und wird durch Drehen und Schleifen fertig bearbeitet. Das Laufrichten wird in herkömmlicher Weise durchgeführt.

Kalthämmern der Büchsläufe (Einarbeiten der Züge)

Der Hämmerdorn für den Büchslauf trägt auf seiner Mantelfläche das Negativprofil zur Büchslaufbohrung. Er wird in die Bohrung des Laufrohlings gesteckt und mit ihm in die Hämmerzone gebracht. Während des Hämmerns bewegt sich der Lauf in axialer Richtung (Vorschub), während sich der Dorn entsprechend der Drallänge der Züge dreht. Da durch den Wegfall des herkömmlichen Ziehprozesses der Faserverlauf des Werkstoffs erhalten bleibt, haben die gehämmerten Läufe eine hohe Verschleißfestigkeit und Spannungsfreiheit. Auch die Schußleistung ist gegenüber den gezogenen Läufen höher.

Im Verlauf der Weiterentwicklung des Hämmerverfahrens wurde es möglich, einen Einzellauf herzustellen, der keinerlei Nachbearbeitung mehr bedarf.

Berechnen des Werkstoffbedarfs

Beispiel

Durch Gegenüberstellen des jeweiligen Werkstoffbedarfs beim herkömmlichen Schmiedeverfahren und beim Hämmerverfahren ist die Werkstoffeinsparung für einen Lauf in kg und % zu errechnen!

		Schmieden	Hämmern
Durchmesser des Rohteils	d_1	50 mm	34 mm
Durchmesser des Fertigteils	d_2	25 mm	21 mm
Abbrand	P	15 %	0 %
Fertiglänge	l_2	800 mm	800 mm

Lösung:

$$0,85 \cdot d_1^2 \cdot l_1 = d_2^2 \cdot l_2$$

$$\text{Schmieden } l_{1S} = \frac{d_2^2 \cdot l_2}{0,85 \cdot d_1^2} = \frac{0,25^2 \text{ dm}^2 \cdot 8 \text{ dm}}{0,85 \cdot 0,5^2 \text{ dm}^2} = 2,35 \text{ dm}$$

$$\text{Hämmern } l_{1H} = \frac{0,21^2 \text{ dm}^2 \cdot 8 \text{ dm}}{0,34^2 \text{ dm}^2} = 3,1 \text{ dm}$$

Werkstoffbedarf m

$$\text{Schmieden } m_S = m_1 \cdot l_{1S} = 1,54 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-1} \cdot l_{1S} \text{ (Tafelwerk)}$$

$$m_S = 1,54 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-1} \cdot 2,35 \text{ dm} = 3,62 \text{ kg}$$

$$\text{Hämmern } m_H = m_2 \cdot l_{1H} = 0,7127 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-1} \cdot l_{1H}$$

$$m_H = 0,7127 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-1} \cdot 3,1 \text{ dm}$$

$$m_H = 2,21 \text{ kg}$$

Werkstoffeinsparung Δm

$$\Delta m = (3,62 - 2,21) \text{ kg} = 1,41 \text{ kg}$$

$$1,41 : 3,62 = x : 100$$

$$3,62 x = 141$$

$$x = \frac{141}{3,62} \%$$

$$x = 39 \%$$

Prüfung der Läufe

Die Einzelläufe werden vom Staatlichen Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung, Fachgebiet Handfeuerwaffen, mit einer entsprechend hohen Pulvergasspannung



Bild 3.2.21

Gewehrläufe beim Vorbeschuß

geprüft. Die Vorschriften für diese Prüfung sind gesetzlich festgelegt. Für die Deutsche Demokratische Republik wird die Prüfung in Suhl durchgeführt (Bild 3.2.22).

Bild 3.2.21 zeigt eine Anzahl Läufe vor dem ersten Beschuß. Am Patronenlager des Laufs ist ein Verschlußstück mit einem Zündloch eingeschraubt. Ein schwerer Holzbalken



*Vorbeschuß mit Schwarzpulver
für Schrotlauf (S=Schrot)*



Endbeschuß



*Vorbeschuß mit Schwarzpulver
für Kugellauf (G=Geschoß)*



*Untersuchung nach dem End-
beschuß (U=Untersuchung)*



*Endbeschuß mit Nitro-Pulver
Bei Flintenläufen außerdem das Wort Nitro (N=Nitro)*



*Würgebohrung (Choke)
bei Flintenläufen (W=Würgebohrung)*



*Erneuter Beschuß nach Instandsetzung
(R=Reparatur)*



*Zeichen der Prüfdienststelle für Handfeuerwaffen Suhl
Datum (Monat und Jahr
des Beschusses, hier Juni 1960)*

660



*Normaler Beschuß (N)
bei Schußwaffen und Schußgerä-
ten, die zum Verschießen von
patronierter Munition mit
normalem Gebrauchsgasdruck
bestimmt sind*



*Normaler Beschuß (L)
bei Schußwaffen und Schußgerä-
ten, bei denen zum Antrieb ein
flüssiges oder gasförmiges Ge-
misch oder eine Treibladung
oder Kartusche verwendet wird*



*Verstärkter Beschuß (V)
bei Schußwaffen, die zum Ver-
schießen von Munition mit
überhöhtem Gasdruck be-
stimmt sind*



*Reparaturbeschuß (R)
nach Instandsetzung wesent-
licher Teile*

Bild 3.2.22
Beschußzeichen des
Amtes für Standardisie-
rung, Meßwesen und
Warenprüfung der DDR,
Fachgebiet Handfeuer-
waffen, in Suhl

senkt sich vor der Zündung auf die Läufe und verhindert ein Herausspringen. Die Läufe bewegen sich infolge des Rückstoßes nach hinten in einen Sandberg.

Nach dem ersten Beschuß werden die Läufe nochmals nach dem Lichtschatten gerichtet; außerdem muß die Seelenwand durch Reiben und Polieren feingeschliffen werden. Die fehlerfreien Läufe erhalten dann Beschußzeichen des jeweiligen Staates.

Д0 750AT

Zulässiger Druck im Patronenlager



Beschossen mit verstärkter Ladung Nitropulver (850 atü)

$\frac{17}{16}$

Ø des Laufinneren des linken Laufs der Mündung

1961

Herstellungsjahr



Kaliber



Amtszeichen (Stadt Ishewsk)

$\frac{17}{16,5}$

Ø des Laufinneren des rechten Laufs der Mündung

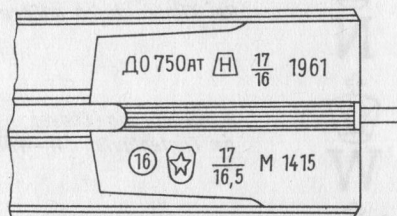


Bild 3.2.23
Beschußzeichen in der UdSSR



Endbeschuß
Büchsen und Pistolen



Vorbeschuß
Flintenläufe



Endbeschuß
Flinten und
Flobertwaffen

Bild 3.2.24
Beschußzeichen in der ČSSR

Zeichen der Beschußstelle



Endbeschuß
mit rauch-
losem Pulver



Gardone

Bild 3.2.25
Beschußzeichen in der Italienischen Republik



Vorbeschuß,
Beschußamt
Wien



Endbeschuß
allgemein,
Wien



Vorbeschuß,
Beschußamt
Ferlach



Zeichen für den
Nitrobeschuß,
Wien



Endbeschuß
allgemein,
Ferlach



Zeichen für den
Nitrobeschuß,
Ferlach



Zusätzliches Zeichen für den Beschuß mit
verstärkter Ladung

Bild 3.2.26
Beschußzeichen in der Republik Österreich



Vorbeschuß der Läufe
(Materialprüfungsbeschuß)



Endbeschuß mit rauchlosem Pulver
(Schwarzpulverbeschuß)



Endbeschuß mit Schwarzpulver
(Nitrobeschuß)



Freiwilliger Beschuß
(Beschuß mit Sonderladung)



Instandsetzungsbeschuß
(Reparaturbeschuß)



Flobertwaffen, Handfeuerwaffen für besondere
Zwecke und Schußapparate

Zeichen der Prüfstämter



Hannover



Ulm



München



Kiel



Köln

Bild 3.2.27
Beschußzeichen in der BRD



London

Endbeschuß mit Schwarzpulver



Birmingham



London

Endbeschuß mit rauchlosem
Pulver



Birmingham



London

verstärkter Beschuß



Birmingham

Bild 3.2.28. Beschußzeichen im Vereinigten Königreich von Großbritannien und Nordirland

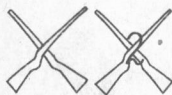


Endbeschuß
mit Schwarz-
pulver



Endbeschuß
mit rauchlosem
Pulver

Bild 3.2.29. Beschußzeichen im Königreich Belgien



Schwarzpulver



rauchloses Pulver

Bild 3.2.30

Beschußzeichen in Spanien

Endbeschuß mit Schwarzpulver
gewöhnliche Ladung



St. Etienne



Paris

verstärkte Ladung



St. Etienne



Paris

Endbeschuß mit rauchlosem Pulver
gewöhnliche Ladung



St. Etienne



Paris

verstärkte Ladung



St. Etienne



Paris

Bild 3.2.31. Beschußzeichen in der Republik Frankreich



Westberlin

Bild 3.2.32

Zeichen des Prüfamtes Westberlin

Das Einarbeiten der Züge wird in der Praxis „Ziehen“ genannt.

Beim Ziehen unterscheidet man drei Verfahren:

- Ziehen mit dem Ziehgestänge (spanend)
- Eindrücken der Züge (spanlos)
- Hämmern (spanlos).

Das Ziehen mit dem Ziehgestänge auf der Ziehbank ist das älteste der Ziehverfahren. Ein Ziehgestänge, das die Werkzeugschneide trägt, wird in einem feststehenden Mutterrohr geführt. Beim Hin- und Herziehen dreht sich das Gestänge so, daß die Werkzeugschneide eine schraubenförmige Bewegung ausführt und dabei die Züge in die Seelenwand schneidet. Die Tiefe der Züge wird an der verstellbar angeordneten Werkzeugschneide reguliert.

Dieses Verfahren wurde durch den Einsatz einer Handlaufziehmaschine weiterentwickelt. Das Drehen eines großen Handrads wurde durch Zahnrad und -stange umgeformt und auf das Ziehgestänge übertragen, das nun mit der Werkzeugschneide die schraubenförmige Bewegung ausführt. Heute erfolgt das Ziehen mit dem Ziehgestänge, einschließlich Nachstellens der Werkzeugschneide, auf automatischen Laufziehmaschinen.

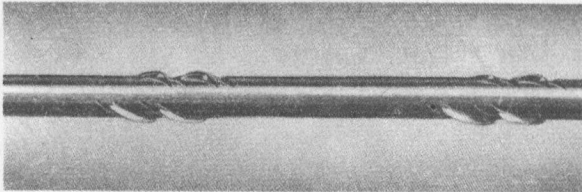


Bild 3. 2.33
Werkzeugschneide
am Ziehgestänge

Das Eindrücken der Züge erfolgt, indem ein Profildorn entsprechend der Zugform durch die Laufbohrung gedrückt wird. Der Dorn drückt an den Zugstellen den Werkstoff beiseite und füllt damit die Vertiefungen aus. Sie bilden die Felder. Bei diesem Arbeitsprozeß ist der Werkstoff einer sehr hohen Belastung ausgesetzt, wodurch etwaige Werkstofffehler sichtbar werden können.

Aufgaben

1. Aus welchem Grunde wird ein Gewehrlauf geschmiedet?
2. Beschreiben Sie den Vergütungsprozeß!
3. Erläutern Sie das Richten des vergüteten Laufrohrlings!
4. Aus welchem Grunde führt beim Tiefbohren das Werkstück die Hauptbewegung aus?
5. Beschreiben Sie Form und Arbeitsweise eines Tiefbohrers!
6. Nennen Sie die Vorteile des Tiefbohrers gegenüber dem Spiralbohrer!
7. Beschreiben Sie die Arbeitsstufe „Richten nach dem Schatten“!
8. Begründen Sie die Notwendigkeit des Eindrehens von zwei Lagerstellen vor dem Drehen der Läufe!
9. Welche Vorteile bietet das Hämmern der Läufe gegenüber dem Schmieden?
10. Nennen und erläutern Sie die Hämmervverfahren!

3.2.4. Schrot- oder Flintenlauf

Schrote sind Bleikugeln, die je nach Größe in einer bestimmten Anzahl zur gleichen Zeit aus dem Flintenlauf geschossen werden. Ist ihr Durchmesser < 6 mm, werden sie „Posten“ genannt.

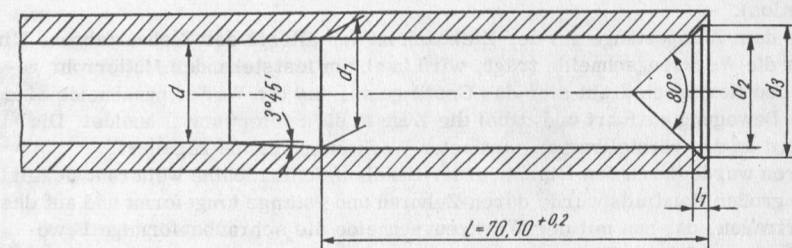
Flint ist die Bezeichnung eines Steins (Schwefelkies, FeS_2), der durch Reibung an einer rauen Stahlfläche die Funken zum Entzünden des Pulvers auf der „Pfanne“ am Steinschloß liefert.

Die Flintenlaufbohrung ist zu unterteilen in

- das Patronenlager,
- den zylindrischen Führungsteil der Geschoßgarbe,
- die Choke-Bohrung.

Patronenlager

Es dient zur Aufnahme der Patrone vor dem Schuß.



Kal.	d	d ₁	d ₂	d ₃	l ₇
12	18,4 ± 0,2	20,3 ^{+0,1}	20,65 ^{+0,1}	22,55 ^{+0,1}	1,90 ^{+0,05}
16	17,0 ± 0,2	18,6 ^{+0,1}	18,90 ^{+0,1}	20,75 ^{+0,1}	1,60 ^{+0,05}
20	15,9 ± 0,2	17,4 ^{+0,1}	17,75 ^{+0,1}	19,50 ^{+0,1}	1,55 ^{+0,05}

Patronen-
lagermaße

Bild 3.2.34. Patronenlager eines Flintenlaufs

Am Patronenlager sind zu unterscheiden

- die Ausfräsung für den Patronenrand;
- der Mittelteil, in dem Papphülsen mit Pulver und Schrote lagern;
- der kegliche Übergang, der die Schrotsäule in den langen zylindrischen Teil der Laufbohrung führt.

Die Ausfräsung für den Patronenrand sichert die Lage der Patrone so, daß ihre Bodenfläche mit der Stoßbodenfläche des Laufs in einer Ebene liegt.

Der Mittelteil ist schwach keglig, etwa 1 : 200, damit die leere Patronenhülse nach dem Schuß leicht herausgenommen werden kann. Die Länge des Patronenlagers entspricht der Hülsenlänge. Da es für die gebräuchlichen Kaliber 70 mm (teilweise auch noch 65 mm) lange Hülsen gibt und die durch Umbördelung oder Sternfaltung verschlossene Patrone 5 ... 10 mm kürzer als die Hülse ist, muß bei Benutzung der Patrone besonderes Augenmerk auf die Übereinstimmung der Lagerlänge mit der Hülsenlänge gerichtet werden. Eine 70 mm lange Hülse darf nur benutzt werden, wenn das Patronenlager dieser Hülsenlänge angepaßt ist. Dagegen kann die 65 mm lange Hülse auch im Lauf für 70 mm lange Hülsen benutzt werden.

Ist das Patronenlager zu kurz oder die Patrone zu lang, legt sich der Hülsenrand der Patrone in den keglichen Übergangsteil und bewirkt eine beachtliche Erhöhung der Belastung des Laufwerkstoffs. Der durch Versuche ermittelte günstigste Kegelwinkel beträgt 7° 30'. Die Schrotsäule wird vom keglichen Übergang in den zylindrischen Teil der Laufbohrung geführt. Die Seelenwand ist spiegelglatt poliert und setzt der Bewegung der Schrotsäule nur geringen Widerstand entgegen (s. Abschn. 4.).

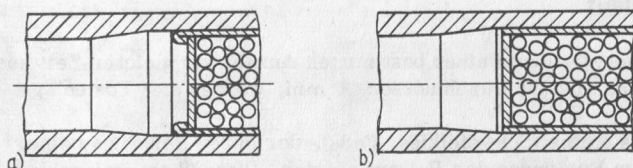


Bild 3.2.35. Richtige Patronenlänge

a) vor dem Schuß; b) Hülse aufgebördelt

Aus dem Flintenlauf wird aber nicht nur mit Schrotten geschossen, sondern auch mit speziell für den Lauf hergestellten „Flintenlaufgeschossen“. Erfahrungen mit solchen Geschos-

sen zeigen überraschend gute Ergebnisse beim gezielten Schuß auf jagdliche Entfernungen. Die Choke-Bohrung wird für diese Zwecke dem Geschoß angepaßt, so daß kaum noch Querschläger oder Ausreißer vorkommen. Das Flintenlaufgeschoß wird wegen seiner großen Massewirkung bei Jagden auf Schwarzwild gern angewandt. Auf kurze Entfernung führt es zu einem schnellen Tod des Wildes.

Die Kaliberbezeichnung gibt die Größe der Laufbohrung an; sie ist von einer alten Tradition abzuleiten. Bei den ersten Handfeuerwaffen wurde der Unterschied verschieden großer Bohrungen durch die Anzahl kalibergroßer Bleikugeln, die 1 engl. Pfund darstellen, angegeben (1 engl. Pfund = 453,6 g). Diese Art der Kaliberbezeichnung ist bis heute erhalten geblieben. Werden z. B. aus 453,6 g Blei 16 gleich große Kugeln hergestellt, so ist der Durchmesser einer Kugel das Maß für den Bohrungsdurchmesser eines Flintenlaufs Kal. 16. Je weniger Kugeln also aus 453,6 g Blei hergestellt werden können, um so größer ist ihr Durchmesser und damit der Bohrungsdurchmesser des Flintenlaufs, d. h.

$$\text{Kal. 12} > \text{Kal. 16} > \text{Kal. 20}.$$

Berechnen des Kalibers

Für die Kaliberbezeichnung gilt demnach:

$$m \cdot z = 453,6 \text{ g}$$

$$\frac{d^3 \cdot \pi}{6} \cdot \rho \cdot z = 453,6 \text{ g}$$

$$d^3 = \frac{453,6 \text{ g} \cdot 6}{3,14 \cdot 11,34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot z} = \frac{76,5 \text{ cm}^3}{z} = \frac{76\,500 \text{ mm}^3}{z}$$

$$d = \frac{42,5 \text{ mm}}{\sqrt[3]{z}}$$

m Masse einer kalibergroßen Bleikugel
(Durchmesser der Laufbohrung d) in mm
z Anzahl der kalibergroßen Bleikugeln
von der Masse 453,6 g

$$\rho = 11,34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$z = \left(\frac{42,5 \text{ mm}}{d} \right)^3 \quad (\text{Kaliberbezeichnung})$$

Tafel 3.2.1. Kalibermaße für Flintenläufe

Kaliber z	$\sqrt[3]{z}$	d in mm	Fertigungsmaße (Bohrungsdurchmesser in mm)	
			min.	max.
8	2	21,25	20,80	21,20
10			19,30	19,70
12			18,20	18,60
14			17,20	17,60
16			16,80	17,20
20			15,70	16,10
24			14,70	15,10
28			13,80	14,20

Beispiele

1. Zu errechnen ist der Bohrungsdurchmesser eines Flintenlaufs Kal. 14.

Lösung:

$$d = \frac{42,5 \text{ mm}}{\sqrt[3]{z}} = \frac{42,5 \text{ mm}}{\sqrt[3]{14}} = \frac{42,5 \text{ mm}}{2,41} = 17,6 \text{ mm}$$

2. Ein Lauf hat eine Bohrung von 18,5 mm; zu errechnen ist die Kaliberbezeichnung z.

Lösung:

$$z = \left(\frac{42,5 \text{ mm}}{18,5 \text{ mm}} \right)^3 = 2,297^3 = 12,12 = \text{Kal. 12}$$

3. Der Bohrungsdurchmesser d ist in Abhängigkeit vom Kaliber z grafisch darzustellen. Auf der Abszisse ist z von 8 ... 28 und auf der Ordinate ist d von 13 .. 22 mm aufzutragen. Maßstäbe: 1 mm d = 10 mm; 1 z-Einheit = 5 mm.

Lösung:

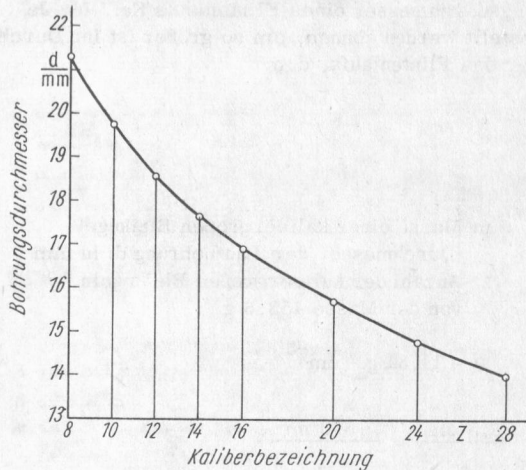


Bild 3.2.36
Schaubild des Flintenkalibers

4. Vervollständigen Sie die Tabelle (Tafel 3.2.1)!

Beispiel

$$\sqrt[3]{z} = \sqrt[3]{8} = 2, \alpha = \frac{42,5 \text{ mm}}{\sqrt[3]{8}} = \frac{42,5 \text{ mm}}{2} = 21,25 \text{ mm}$$

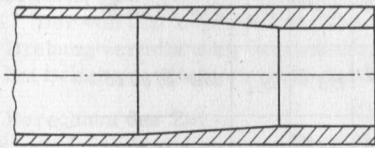
Choke- oder Würgebohrung

Diese Bohrung kann eine Verengung, eine Erweiterung oder eine Verengung und Erweiterung in unmittelbarer Nähe der Mündung sein. Sie hat die Aufgabe, die Streuung der Schrote zu beeinflussen. Beim jagdlichen Schießen hat es sich gezeigt, daß die Streuung der Schrote aus einem durchgehend zylindrischen Lauf zu groß ist, wodurch die Schußerfolgchance für den Jäger erheblich verringert wird.

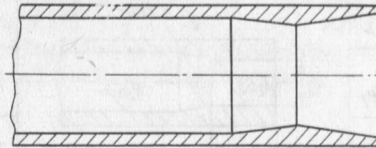
Die verschiedenen Laufverengungen führen zu einer verringerten Streuung, d.h. zu erhöhter Treffsicherheit. Dadurch ist es auch möglich, daß die Wünsche des Käufers eines Jagdgewehrs bezüglich der genannten Bohrungen berücksichtigt werden können. Beim Einschießen wird die Streuleistung der Läufe überprüft und bei Bedarf korrigiert.

Die Zweckmäßigkeit verschiedener Choke-Bohrungen an einer Doppelflinte läßt sich aus einem Beispiel aus der Jagdpraxis ableiten: Ein Jäger befindet sich auf der Hasenjagd und schreitet mit schußbereitem Gewehr über einen Acker. 10 m vor ihm springt ein Hase auf, der sich bis dahin in einer Sasse (Mulde) getarnt hat und nun vom Jäger gestört wird. Der Jäger sieht ihn, bringt die Doppelflinte in Anschlag, zielt und schießt. Zwischen dem Erkennen des Hasen und der Bereitschaft zum Schuß liegt eine Zeitspanne von einigen Sekunden. In dieser Zeit hat sich der Hase vom Jäger entfernt. Wenn der Jäger schnell reagiert hat, kann eine Zielentfernung von etwa 20 m angenommen werden. Der Jäger schießt. Welchen der beiden Abzüge hat er benutzt? Aus welchem Lauf hat er geschossen? Hat der Jäger den Hasen tödlich getroffen, so ist unsere Betrachtung zu Ende. Hat er ihn aber nicht getroffen oder nur verletzt, so wird der Jäger in beiden Fällen bestrebt sein, den Hasen durch

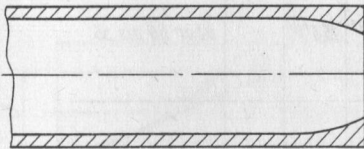
einen zweiten Schuß zu erlegen. Im Fall der Verletzung ist er sogar dazu verpflichtet, um den Hasen vor den schmerzlichen Folgen der Verletzung zu bewahren. In beiden Fällen hat sich der Hase in der Zeit zwischen der Abgabe des ersten und der des zweiten Schusses weiter vom Jäger entfernt. Beim zweiten Schuß muß wegen der größeren Zielentfernung die Schrotgarbe enger zusammengehalten werden als beim ersten Schuß. Deshalb ist bei einem Doppelflintenlauf normal der rechte Lauf mit einer Halbchoke-Bohrung und der linke Lauf mit einer Vollchoke-Bohrung versehen.



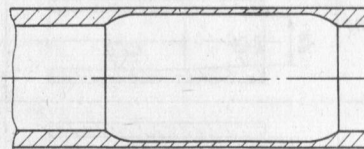
Normal-Choke



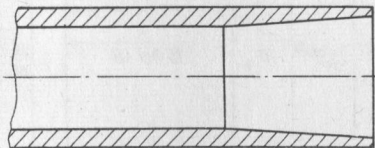
Skeet-Choke



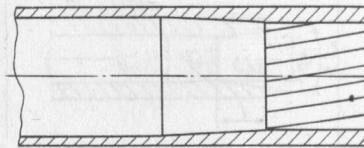
Spitzbogen-Choke



Nischen-, Receß-, Jug-Choke



Glocken-Choke



Paradox-Bohrung für Flintenlaufgeschöß

Bild 3.2.37. Formen der Choke-Bohrungen

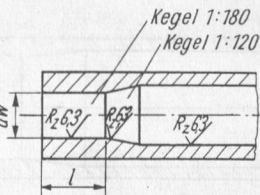
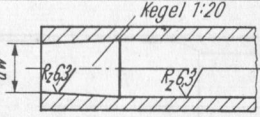
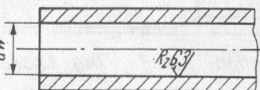
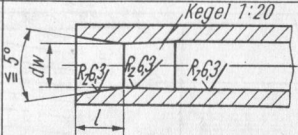
Eine Erweiterung des Laufinnendurchmessers an der Laufmündung führt zu einer erhöhten Streuung gegenüber dem durchgehenden zylindrischen Lauf. Dies wird vor allem beim sportlichen Skeetschießen und den dabei notwendigen Schüssen auf kürzeste Entfernung notwendig.

Beim normalen Tontaubenschießen wird dagegen, bedingt durch die größeren Schußentfernungen, besonderer Wert auf hohe Treffsicherheit gelegt, d.h. auf starke Laufverengungen.

Aufgaben

1. Woher stammt die Bezeichnung „Flinte“?
2. Nennen Sie die mit Flintenschüssen zu erlegenden Wildarten!
3. Erklären Sie die Kaliberbezeichnung für einen Flintenlauf!
4. Welchen Zweck hat die Choke- oder Würgebohrung?
5. Begründen Sie die Zweckmäßigkeit von Choke-Bohrungen!
6. Beschreiben Sie das Patronenlager eines Flintenlaufs!
7. Begründen Sie die Zweckmäßigkeit der Ausfräsung für den Patronenrand!
8. Was ist vor Benutzung einer Patrone zu prüfen?
9. Welche Aufgabe erfüllt der Übergangskegel?

Tafel 3.2.2. Mündungsausführungen für Schrotläufe

Benennung	Bild	dw Kaliber			L	Treffer in % Scheibendurch- messer 750 mm Entfernung 35 m
		12	16	20		
Voll-Choke (fullchoke)		$17,3^{+0,1}$	$16,1^{+0,1}$	$15,1^{+0,1}$	18_{-4}	über 70 bis 80
3/4 Choke (improvedmodif.)		$17,4^{+0,1}$	$16,2^{+0,1}$	$15,3^{+0,1}$	14_{-4}	über 65 bis 70
1/2 Choke (modifiedchoke)		$17,5^{+0,1}$	$16,3^{+0,1}$	$15,3^{+0,1}$	10_{-4}	über 60 bis 65
1/4 Choke (quarterchoke)		$17,6^{+0,1}$	$16,4^{+0,1}$	$15,4^{+0,1}$	4_{-3}	über 55 bis 60
Verbesserte Zylinderbohrung (improved Cylinder)		$18^{+0,1}$	$16,6^{+0,1}$	$15,5^{+0,1}$	—	über 50 bis 55
Zylinder- bohrung (Cylinderbore)		$18,2^{+0,2}$	$16,8^{+0,2}$	$15,7^{+0,2}$	—	35 bis 40
Skeet- bohrung		$17,5^{+0,1}$	$16,3^{+0,1}$	$15,3^{+0,1}$	10_{-4}	35 bis 40

3.2.5. Büchslauf

Die Bezeichnung „Büchse“ ist abzuleiten von den ersten Handfeuerwaffen, die „Handbüchsen“ oder „Knallbüchsen“ genannt wurden. Heute findet man sehr oft die Bezeichnung Kugellauf anstelle von Büchslauf.

Das Laufinnere besteht aus dem Patronenlager und dem gezogenen zylindrischen Teil. Die Bohrungswand des Büchslaufs ist mit schraubenförmig gewundenen Vertiefungen, den Zügen, versehen.

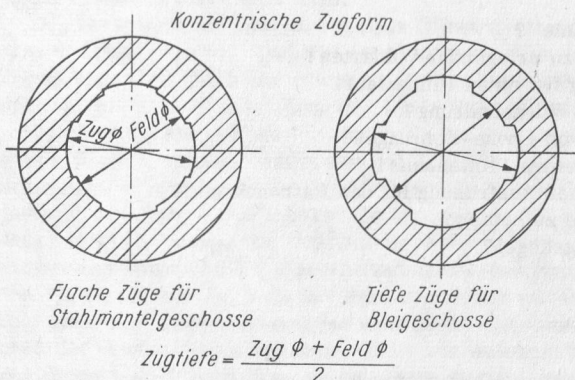


Bild 3.2.38
Büchslaufzüge

Die konzentrische Zugform hat sich von all den vielen möglichen und auch praktisch erprobten Formen am besten bewährt. Die beim Ziehen stehengebliebenen Teile der Bohrungswand heißen Felder, die entsprechenden Durchmesser Felddurchmesser bzw. Zugdurchmesser.

Die scharfen Kanten pressen sich in den Geschoßmantel, und das Geschoß, das sich im Lauf geradlinig in Richtung der Seelenachse bewegt, muß den Zügen folgen und zusätzlich eine Drehbewegung um seine Längsachse ausführen. Beide Bewegungen zusammengesetzt ergeben eine resultierende schraubenförmige Bewegung entsprechend dem Verlauf der Züge.

Der von den Zügen auf das Geschoß ausgeübte Drehimpuls wird „Drall“ genannt. Die Drehung verleiht dem Geschoß einen stabilen Flug, d.h. einen Flug, auf dem das Geschoß bei beliebiger Zielentfernung das Ziel zuerst mit der Geschoßspitze trifft.

Berechnen des Zuges

Die Schraubenlinie wird erzeugt, indem ein als rechtwinkliges Dreieck geschnittenes Stück Papier um einen Zylinder gewickelt wird.

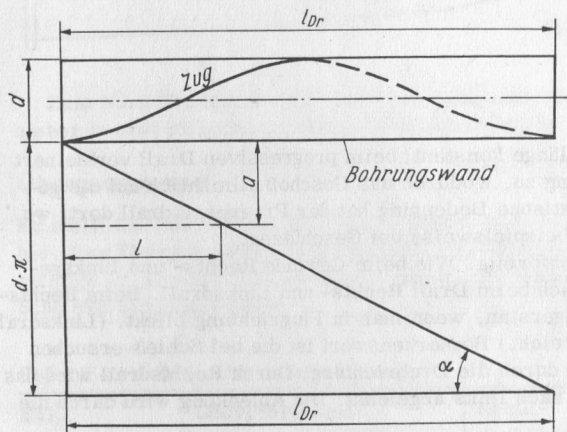


Bild 3.2.39
Schraubenlinie des Zuges

Am rechtwinkligen Dreieck gilt die Proportion

$$d \cdot \pi : l_{Dr} = a : l \text{ sowie } \tan \alpha = \frac{d \cdot \pi}{l_{Dr}} = \frac{a}{l}$$

$$d \cdot \pi \cdot l = a \cdot l_{Dr}$$

$$l_{Dr} = \frac{d \cdot \pi \cdot l}{a} \quad (l < l_{Dr})$$

Beispiele

1. An einem Laufstück wurde gemessen: Kaliber 8 mm, Länge 75 mm und Windung des Zuges auf dieser Länge 7,5 mm. Zu errechnen sind die Dralllänge und der Drallwinkel (Bild 3.2.39).

Lösung:

$$l_{Dr} = \frac{d \cdot \pi \cdot l}{a} = \frac{8 \text{ mm} \cdot 3,14 \cdot 75 \text{ mm}}{7,5 \text{ mm}} \approx 251 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{d \cdot \pi}{l_{Dr}} = \frac{8 \text{ mm} \cdot 3,14}{251 \text{ mm}} = 0,1001$$

$$\alpha = 5^\circ 44'$$

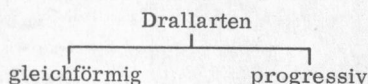
2. An einem Laufstück wurden gemessen: Länge 66 mm, Windung des Zuges auf dieser Länge 5,66 mm. Zu errechnen ist der Drallwinkel.

Lösung:

$$\tan \alpha = \frac{a}{l} = \frac{5,66 \text{ mm}}{66 \text{ mm}} = 0,0858 \quad \alpha = 4^{\circ} 54'$$

Tafel 3.2.3. Normale Drallängen

Kal. in mm	l_{Dr} in cm
5,6	42
6,5	24 bis 26
7	22
8	24
9,3	36



Beim gleichförmigen Drall ist die Drallänge konstant; beim progressiven Drall verkleinert sich die Drallänge nach der Laufmündung zu, wodurch das Geschöß allmählich auf die gewünschte Drehzahl gebracht wird. Praktische Bedeutung hat der Progressivdrall dort, wo große Massen bewegt werden müssen, beispielsweise bei Geschützen.

Bei Jagdgewehren ist der Drall gleichförmig. Wie beim Gewinde Rechts- und Linksgewinde unterschieden wird, so gibt es auch beim Drall Rechts- und Linksdrall. Beim Rechtsdrall dreht sich das Geschöß im Uhrzeigersinn, wenn man in Flugrichtung blickt. (Linksdrall findet man an Jagdgewehren aus Frankreich.) Bemerkenswert ist die bei Schießversuchen festgestellte Ablenkung des Geschosses durch die Drehrichtung. Durch Rechtsdrall wird das Geschöß nach rechts, durch Linksdrall nach links abgelenkt. Die Ablenkung wird durch die Visiereinrichtung ausgeglichen.

Die Kaliberbezeichnung für Büchsläufe ist das Durchmessermaß, das entweder in mm oder hundertstel bzw. tausendstel Zoll angegeben wird. In der DDR und allen anderen Ländern, in denen nach dem metrischen Meßsystem gearbeitet wird, gibt die Kaliberbezeichnung das Durchmessermaß in mm an. Dieses Maß ist gewöhnlich ein abgerundetes Maß, das zwischen dem Felddurchmesser und dem Zugdurchmesser liegt.

Tafel 3.2.4. Normale Feld- und Zugdurchmesser

Kaliber- Bezeichnung	Feld-Ø in mm	Zug-Ø in mm
5,6	5,35	5,58
7	6,98	7,24
8	7,8	8,07
8	7,89	8,20
9,3	9	9,20

Es werden R- und S-Kaliber unterschieden (s. Patronenlager). Der reinen Kaliberbezeichnung sind noch nicht die beiden Durchmesser zu entnehmen. Bei Kal. 8 gibt es sogar für die gleiche Kaliberbezeichnung zwei Feld- und zwei Zugdurchmesser.

Bei der veralteten Kaliberbezeichnung nach hundertstel bzw. tausendstel Zoll entspricht:

Kal. 220	$0,220 \cdot 25,4 \text{ mm} = 5,6 \text{ mm}$
Kal. 360	$0,360 \cdot 25,4 \text{ mm} = 9,1 \text{ mm}$
Kal. 400	$0,400 \cdot 25,4 \text{ mm} = 10,2 \text{ mm}$

Patronenlager

Für das Patronenlager des Büchslaufs gilt das unter Flintenpatronenlager Ausgeführte. Es gibt Patronen mit und ohne Rand. Bei den Patronen ohne Rand übernimmt eine Schulter (Linderungsrand), ein abgestumpfter Kegel, die Aufgaben des Patronenrands und der Abdichtung.

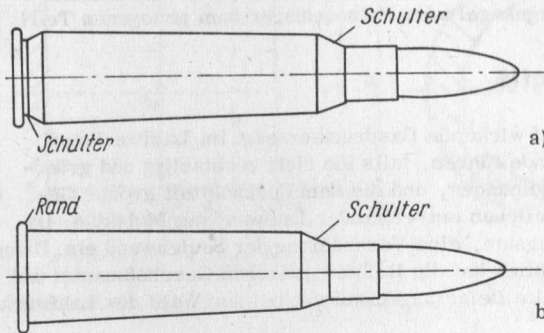


Bild 3.2.40

Patrone

a) ohne Rand (ohne Schulter)

b) mit Rand (mit Schulter; ihr Durchmesser ist größer als der Hülsendurchmesser)

Zum Herausheben der Patrone ohne Rand oder der Patronenhülse greift der Patronenzieher in eine eingedrehte Rille am Patronenboden.

Übergangskegel

Er stellt die Verbindung oder den Übergang vom Patronenlager zum gezogenen Teil des Laufs her. Der Übergangskegel erleichtert das Einpressen des Geschossmantels in die Züge. Das richtige Kegelverhältnis für die verschiedenen Kaliber und Patronen wurde jeweils durch Schießversuche ermittelt.

Tafel 3.2.5. Maße für Übergangskegel

Kal. in mm	Übergangskegel		Kegel- verhältnis
	vorn in mm	hinten in mm	
5,6 · 35 R	5,35	5,68	1 : 60
6,5 · 58 R	6,40	6,70	1 : 100
7 · 57 R	6,98	7,3	1 : 60
8 · 57 R	7,80	8,14	1 : 100
9,3 · 74 R	9,00	9,33	1 : 80

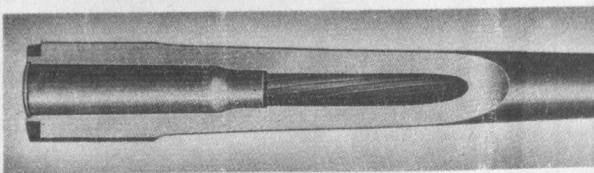


Bild 3.2.41. Patronenlager mit Patronenhülse; der Übergangskegel ist nicht erkennbar

Aufgaben

1. Aus welchem Werkstoff wird ein Gewehrlauf hergestellt?
2. Welche Aufgaben haben die Züge des Büchslaufs?
3. Welche Maße müssen an einem kleinen Laufstückchen gemessen werden, damit daraus die Drallänge errechnet werden kann?

4. In welchem Meßbereich bewegen sich die üblichen Drallängen?
5. Erläutern Sie die üblichen Kaliberbezeichnungen für Büchsläufe!
6. Nennen Sie die Aufgaben des Patronenlagers!
7. Beschreiben Sie das Erreichen einer stets gleichen Lage der Patrone im Patronenlager
 - a) bei Patronen mit Rand; b) bei Patronen ohne Rand!
8. Begründen Sie, daß das Patronenlager schwach keglig sein muß!
9. Erläutern Sie die Funktion der Übergangskegel vom Patronenlager zum gezogenen Teil!

3.2.6. Belastungen des Laufwerkstoffs

Der während der Schußentwicklung im Lauf wirkende Gasdruck erzeugt im Laufwerkstoff Zugspannungen. Die Verbrennungsrückstände führen, falls sie nicht rechtzeitig und gründlich beseitigt werden, zu Korrosionserscheinungen, und die dem Geschos mit großer Geschwindigkeit folgenden glühenden Pulverteilchen entreißen der Laufwandung Moleküle. Dadurch tritt, wenn auch verhältnismäßig langsam, eine Veränderung der Seelenwand ein. Diese Erscheinung wird Erosion genannt. Schließlich hat die Reibung zwischen Geschossmantel und Seelenwand einen Verschleiß zur Folge. Alle Belastungen müssen bei der Wahl des Laufwerkstoffs berücksichtigt werden.

Belastung auf Zug

Diese entsteht beim Schuß durch den Gasdruck im Lauf. Der Gasdruck erzeugt im Laufwerkstoff eine Zugspannung, die im ungünstigsten Fall zur Laufsprengung und zu schweren Verletzungen des Jägers führen kann.

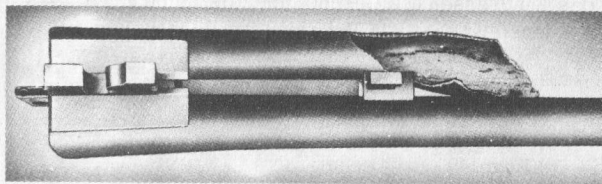


Bild 3.2.42
Gesprengter Flintenlauf

Aus diesem Grunde müssen beim Herstellen des Laufs mit größter Gewissenhaftigkeit die richtigen Laufwanddicken eingehalten werden. Der Gasdruck wirkt auf die Seelenwand und erzeugt eine Kraft, die den Laufwerkstoff auf Zug belastet.

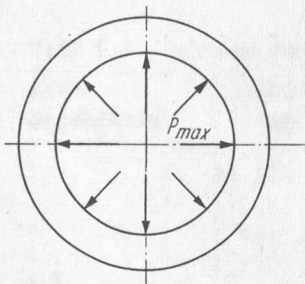


Bild 3.2.43
Wirkung des Gasdrucks im Lauf

P_{max} ist ein maximaler Gasdruck, der durch Versuche mit den Patronen im Herstellerwerk ermittelt wird. Er wirkt nur eine sehr kurze Zeit, muß aber beim Berechnen der Zugspannung im Laufwerkstoff als dauernd wirkend angenommen werden. Durch einen unvorhergesehenen Umstand kann das Geschos gerade in dem Augenblick im Lauf steckenbleiben, in dem der maximale Gasdruck wirkt. Dadurch würde eine Dauerbelastung eintreten, die keinesfalls zu einer Sprengung führen dürfte.

$p_{\max}$ wirkt auf die Seelenwand, die eine zylindrische Form hat. Sie erzeugt die Kraft F (Bild 3.2.44).

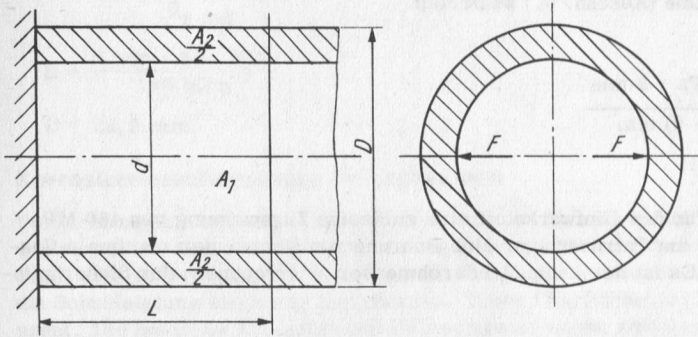


Bild 3.2.44. Belasteter Laufquerschnitt

F ist die Summe aller waagerechten Kraftkomponenten, die sich aus der Wirkung des maximalen Gasdrucks ergeben. Ihre Größe ist eine Kraft, die sich aus dem Produkt vom maximalen Gasdruck und der Projektion der Seelenwand auf die zu F senkrecht stehende Ebene ergibt:

$$F = p_{\max} \cdot A_1 \quad A_1 = d \cdot L$$

$$F = p_{\max} \cdot d \cdot L.$$

F belastet die Längsschnittfläche A_2 des Laufs auf Zug; deshalb ist auch

Druckkraft = Zugspannung $\cdot$ belastete Fläche:

$$F = \sigma_z \cdot A_2 \quad A_2 = (D - d) \cdot L$$

$$F = \sigma_z \cdot (D - d) \cdot L.$$

Durch Gleichsetzen ergibt sich die Produktgleichung

$$p_{\max} \cdot d \cdot L = \sigma_z \cdot (D - d) \cdot L$$

$$p_{\max} \cdot d = \sigma_z \cdot (D - d).$$

Die beim Schuß im Laufwerkstoff auftretende Zugspannung muß unterhalb der Elastizitätsgrenze liegen, damit der Werkstoff nach dem Schuß wieder seine ursprüngliche Form annimmt. Wichtiger ist noch die Sicherheit des Schützen beim Benutzen der Waffe. Erfahrungsgemäß kann als zulässige Zugspannung im Laufwerkstoff etwa der vierte Teil der Spannung gewählt werden, die an der Elastizitätsgrenze auftritt.

Beispiele

1. Die Produktgleichung ist nach den beteiligten vier Größen umzuformen.

Lösung:

$$p_{\max} = \frac{\sigma_z \cdot (D - d)}{d}$$

$$\sigma_z = \frac{p_{\max} \cdot d}{D - d}$$

$$D = \frac{d \cdot (p_{\max} + \sigma_z)}{\sigma_z}$$

$$d = \frac{D \cdot \sigma_z}{p_{\max} + \sigma_z}$$

2. Der Gasdruck in einem Gewehrlauf erreicht einen maximalen Wert von 350 MPa. Der Durchmesser der Bohrung ist 9 mm, der Laufaußendurchmesser 17 mm. Es ist die im Laufwerkstoff auftretende Zugspannung zu errechnen. Die Ergebnisse der Aufgaben sind mit Hilfe der Nomogramme (Abschn. 6.) zu prüfen.

Lösung:

$$\sigma_z = \frac{p_{\max} \cdot d}{D - d} = \frac{350 \text{ MPa} \cdot 9 \text{ mm}}{(17 - 9) \text{ mm}}$$

$$\sigma_z \approx 394 \text{ MPa} (\approx 3940 \text{ at})$$

3. Vom Lieferwerk wurde für den Laufwerkstoff eine zulässige Zugspannung von 480 MPa angegeben. Der Lauf hat am Patronenlager eine Bohrung von 10 mm; der maximale Gasdruck beträgt 300 MPa. Es ist der Laufaußendurchmesser zu errechnen; der Sicherheitsfaktor ist 4, d.h.

$$\sigma_{z \text{ zul}} = \frac{480 \text{ MPa}}{4} = 120 \text{ MPa.}$$

Lösung:

$$D = \frac{d \cdot (p_{\max} + \sigma_{z \text{ zul}})}{\sigma_{z \text{ zul}}} = \frac{d \cdot (300 + 120) \text{ MPa}}{120 \text{ MPa}}$$

$$D = \frac{10 \text{ mm} \cdot 420 \text{ MPa}}{120 \text{ MPa}}$$

$$D = 35 \text{ mm}$$

4. Ein Lauf hat eine Bohrung von 9 mm und einen Außendurchmesser von 18 mm. Die zulässige Zugspannung für den Laufwerkstoff ist 140 MPa. Zu errechnen ist der maximal zulässige Gasdruck!

Lösung:

$$p_{\max} = \frac{\sigma_{z \text{ zul}} \cdot (D - d)}{d} = \frac{140 \text{ MPa} \cdot (18 - 9) \text{ mm}}{9 \text{ mm}}$$

$$p_{\max} = \frac{140 \text{ MPa} \cdot 9 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} = 140 \text{ MPa}$$

$$(140 \text{ MPa} = 140 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 1400 \cdot 10^5 \text{ Pa} (\approx 1400 \text{ at}))$$

5. Ein Lauf hat die Abmessungen $d = 8 \text{ mm}$, $D = 18 \text{ mm}$. Die zulässige Zugspannung für den Laufwerkstoff ist 180 MPa. Der maximal wirkende Gasdruck soll 320 MPa betragen. Es ist zu prüfen, ob die Abmessungen den Anforderungen genügen würden.

Lösung:

$$\sigma_z = \frac{p_{\max} \cdot d}{D - d} = \frac{320 \text{ MPa} \cdot 8 \text{ mm}}{(18 - 8) \text{ mm}} = \frac{320 \text{ MPa} \cdot 8 \text{ mm}}{10 \text{ mm}}$$

$$\sigma_z = 256 \text{ MPa} (\approx 2560 \text{ at})$$

$$256 \text{ MPa} > 180 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z > \sigma_{z \text{ zul}}$$

Die Abmessungen genügen nicht.

6. Welchen Durchmesser muß der Lauf (der fünften Aufgabe) haben, damit die Belastung auf der zulässigen Grenze liegt?

Lösung:

$$D = \frac{d \cdot (p_{\max} + \sigma_{z \text{ zul}})}{\sigma_{z \text{ zul}}} = \frac{8 \text{ mm} \cdot (320 + 180) \text{ MPa}}{180 \text{ MPa}}$$

$$D = \frac{8 \text{ mm} \cdot 500 \text{ MPa}}{180 \text{ MPa}}$$

$$D = 22,2 \text{ mm}$$

Korrosionserscheinungen im Laufinnern

Verbrennungsrückstände des Zündsatzes und des Pulvers haften zum Teil an der Seelenwand und verbinden sich unter Einwirkung des Luftsauerstoffs und der Luftfeuchtigkeit mit dem Stahl. Die zuvor spiegelglatte Seelenwand weist dadurch Narben oder Vertiefungen auf, die die Schußleistung ungünstig beeinflussen. Diese Oberflächenveränderung wird Korrosion genannt. Die heutigen Zündsatz- und Pulverlaborierungen sind gegenüber früheren stärker korrosionsverhütend. Trotzdem kann es vorkommen, daß bei ungenügender Reinigung und unzureichendem Einfetten des Laufinnern nach dem Schuß Korrosion, auch Nachschlagen genannt, auftritt. Bei Gewehren von sehr hoher Qualität werden korrosionsbeständige Stähle, also hochlegierte Edelstähle, verwendet.

Erosionserscheinungen im Laufinnern

Sie entstehen durch die hohe Verbrennungstemperatur (2 000 ... 3 000 °C) des Pulvers, durch die Zündsatz- und Pulverstichflamme und durch die hohe Geschwindigkeit, mit der glühende Zündsatz- und Pulverteilchen gegen die Seelenwand geschleudert werden. Die dadurch entstehenden Beschädigungen der Seelenwand beginnen am Übergangskegel und verlaufen nach der Mündung zu als dicht nebeneinanderliegende kleine Furchen mit steil abfallenden Rändern.

Gleitreibung zwischen Geschoßmantel und Seelenwand

Das Geschoß wird in den gezogenen Teil des Laufs gepreßt. Sein Durchmesser ist etwas größer als das Feldkaliber, damit sich die Züge in den Geschoßmantel einschneiden können. Dadurch entsteht ein Verschleiß an den Zügen des Laufinnern. Die Größe der dabei auftretenden Gleitreibung kann berechnet werden:

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

Eigenschaften des Laufwerkstoffs

Die erforderlichen Eigenschaften des Laufwerkstoffs werden von den Belastungsarten mitbestimmt. Die Belastung auf Zug erfordert eine Mindestzugfestigkeit von $\sigma_z = 700 \text{ MPa}$ ($\approx 7\,000 \text{ at}$).

Sowohl die Korrosionsbereitschaft als auch die Auswirkungen der Erosion und der Reibung können durch Legierungsbestandteile wie Chrom, Nickel und Wolfram vermindert werden. So werden auf Wunsch des Kunden auch Edelstähle verarbeitet, die rostträge sind und der Abnutzung des Laufinnern größeren Widerstand entgegensetzen als die Kohlenstoffstähle.

		Stahlbezeichnung
Für Doppelflinten ∞		CK 65 UKW 2578
Für Büchsen $\otimes$		Spez. UFW 4926 (70-W ₄)
Für Bockflinten 8		Böhler Antinit

Aufgaben

1. Welchen Belastungen ist der Laufwerkstoff ausgesetzt?
2. Erläutern Sie die Belastung des Laufwerkstoffs auf Zug!
3. Wie kann Korrosions- und Erosionserscheinungen im Laufinnern entgegengewirkt werden?

3.2.7. Herstellen von Gewehrlaufverbindungen

Zweck der Laufverbindungen

In der Jagdpraxis und beim Tontaubenschießen müssen sehr oft zwei Schüsse schnell hintereinander abgegeben werden. Deshalb wurde der Doppelflinten- und Doppelbüchslauf erforderlich (Tafel 3.2.6). Aber nicht nur gleichartige Einzelläufe wurden miteinander verbunden, sondern auch Büchs- mit Flintenläufen. Der Jäger kann je nach Bedarf einen Schrot- oder Büchschuß abgeben. Aber auch drei oder gar vier Einzelläufe werden nun zu einem Lauf vereinigt; das sind Drilling- oder Vierlingläufe. Bezüglich der Anordnung der Läufe gibt es verschiedene Möglichkeiten. Auswahl und Anordnung der Einzelläufe bestimmen die Bezeichnung des Gewehrs, z. B. Doppelflinte, Büchsflinte, Bockflinte, Bockbüchsflinte, Drilling, Vierling usw. Bemerkenswert ist, daß übereinanderliegende Einzelläufe als Bockläufe bezeichnet werden.

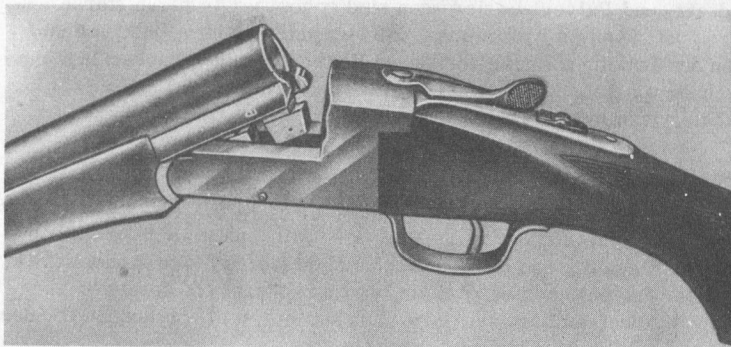


Bild 3.2.45. Einlaufflinte



Bild 3.2.46. Doppelflinte

Tafel 3. 2. 6.

Symbole von Gewehrlaufverbindungen

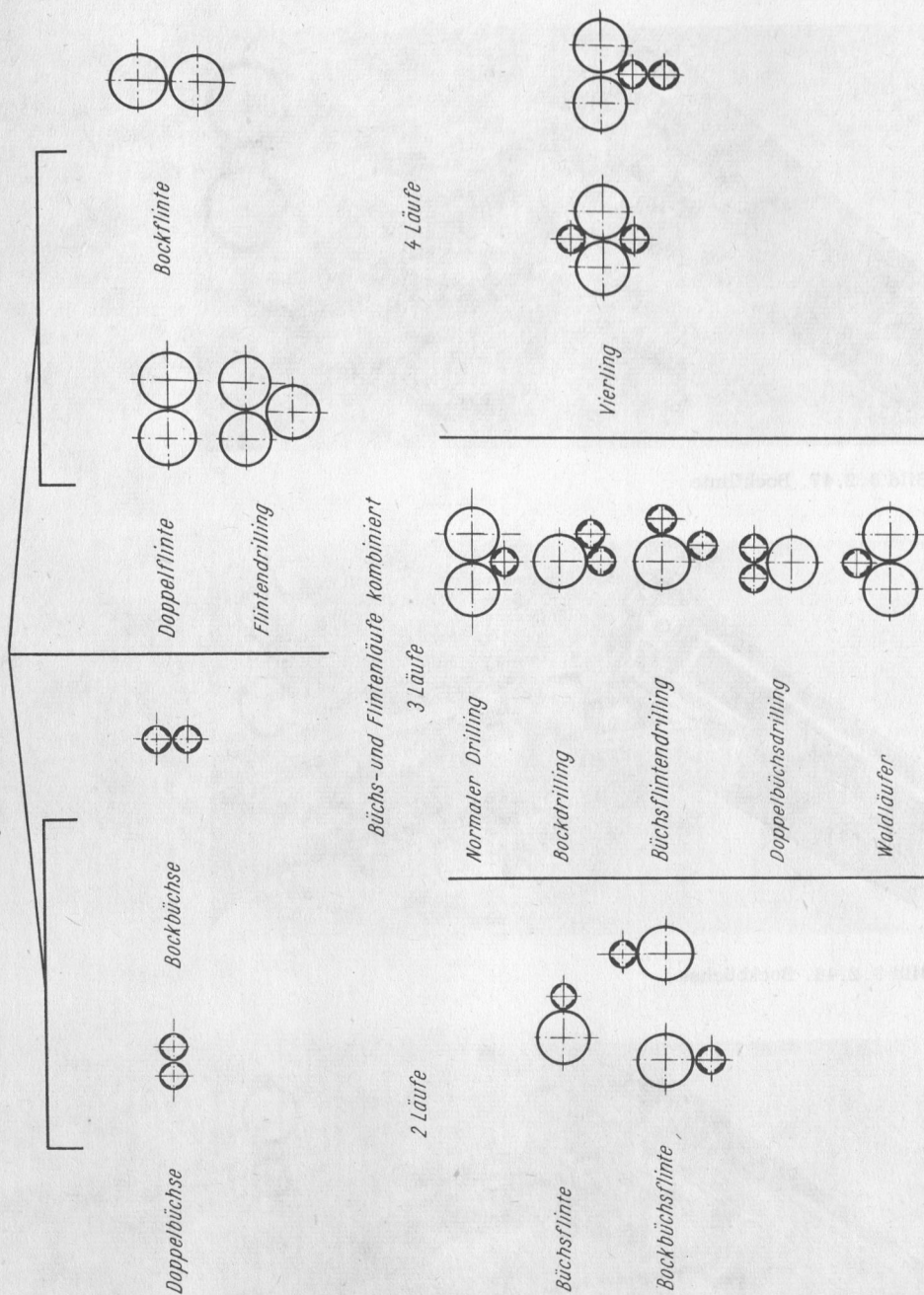




Bild 3.2.47. Bockflinte

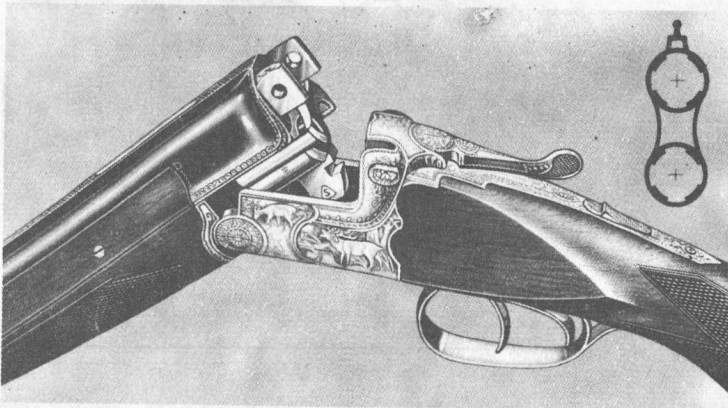


Bild 3.2.48. Bockbüchse

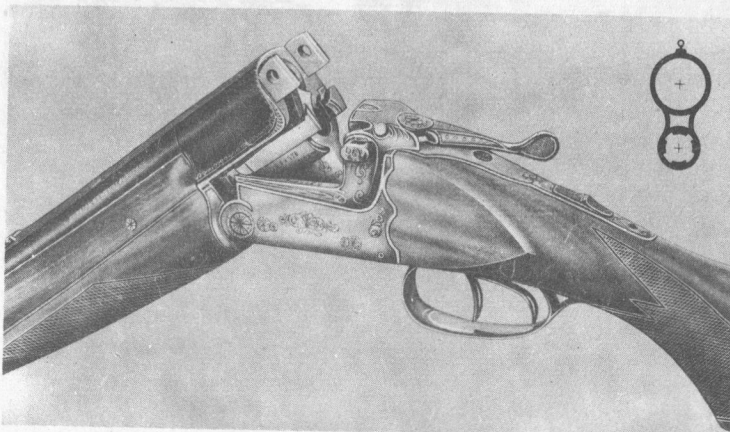


Bild 3.2.49. Bockbüchsenflinte

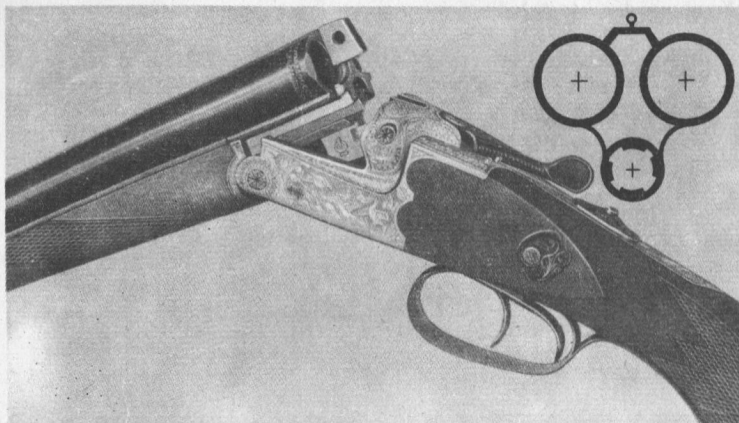


Bild 3. 2. 50. Drilling

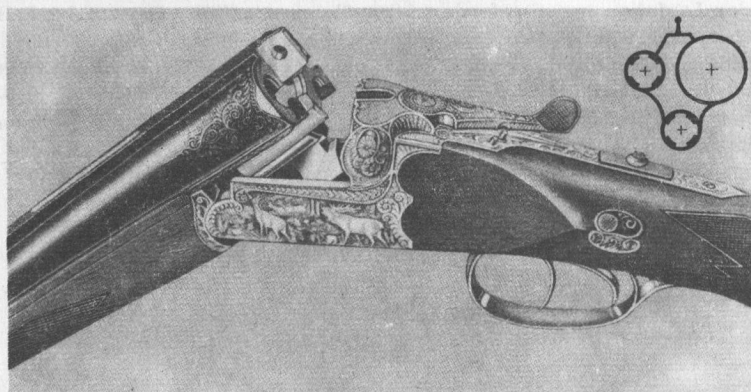


Bild 3. 2. 51. Doppelbüchsrilling

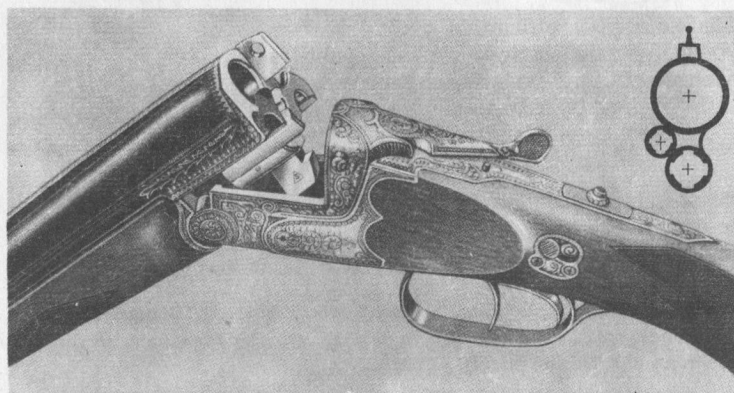


Bild 3. 2. 52. Bockdrilling mit seitlich gelagertem Kleinkaliberlauf

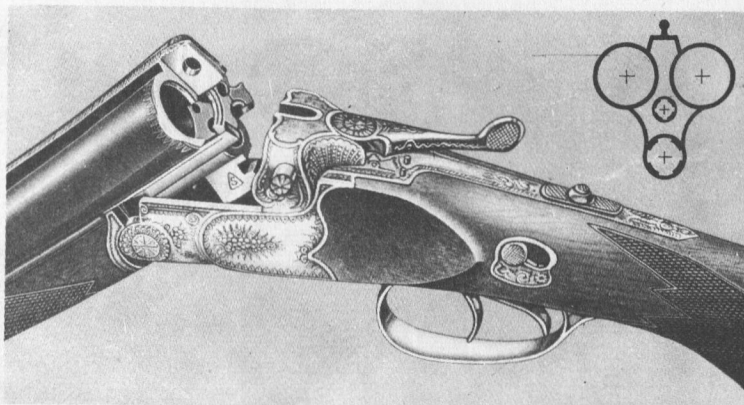


Bild 3. 2.53
Vierling

Lage der Läufe

Werden zwei oder mehr Einzelläufe zu einem Lauf verbunden, müssen die Seelenachsen so gelegt werden, daß jeder Lauf die von ihm geforderte Schußleistung erfüllt. Das ist der Fall, wenn sich beide Seelenachsen auf Normalschußentfernung von 35 m schneiden. Sie verlaufen also nicht parallel, sondern bilden einen spitzen Winkel, dessen optimale Größe in der Praxis durch zahlreiche Schießversuche ermittelt worden ist. Er wird beeinflusst von der Rückstoßkraft, die bei nebeneinanderliegenden Läufen ein Drehmoment auf das Gewehr ausübt – beim rechten Lauf nach rechts und beim linken Lauf nach links. Wird die Wirkung der Rückstoßkraft berücksichtigt, ergibt sich der Schnittpunkt der Seelenachsen in einer Entfernung von 3 ... 4 m, vom Stoßboden des Laufs aus gemessen. Mit Hilfe dieses Erfahrungswerts ist die Lage der Läufe rechnerisch zu bestimmen.

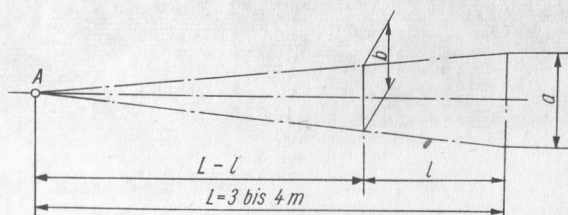


Bild 3. 2.54. Lage der Läufe einer Doppelflinte

- | | |
|--|--|
| a Zündpunktentfernung | L Entfernung des Schnittpunktes der Seelenachsen vom Stoßboden |
| b Entfernung der Seelenachsen an der Laufmündung | A Schnittpunkt der Seelenachsen |
| l Lauflänge | |

Die Beziehungen der Größen a, b, l, L zueinander ergeben sich aus der Proportion $a : b = L : (L - l)$; die Produktgleichung lautet $a \cdot (L - l) = b \cdot L$.

Beispiele

1. Ein Doppelflintenlauf ist 750 mm lang; die Zündpunktentfernung beträgt 26 mm. Die Seelenachsen sollen sich in einer Entfernung von 3,5 m schneiden. Zu errechnen ist die Entfernung der Seelenachsen an der Laufmündung.

Lösung:

$$b = \frac{a(L - l)}{L} = \frac{26 \text{ mm} \cdot (3500 - 750) \text{ mm}}{3500 \text{ mm}} = \frac{26 \cdot 2750 \text{ mm}}{3500}$$

$$b \approx 20 \text{ mm}$$

2. Es ist der Winkel zu errechnen, den die beiden Seelenachsen des Laufs (vorhergehendes Beispiel) miteinander bilden.

Lösung:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2 \cdot L} = \frac{26 \text{ mm}}{2 \cdot 3500 \text{ mm}} = 0,0037$$

$$\frac{\alpha}{2} = 13' \quad \alpha = 26'$$

3. Die Zündpunktentfernung an einem Doppelflintenlauf beträgt 28 mm, die Entfernung der Seelenachsen an der Laufmündung 23 mm und die Länge der Läufe 760 mm. Zu errechnen ist die Schnittpunktentfernung der Seelenachsen vom Laufstoßboden.

Lösung:

$$L = \frac{a \cdot l}{a - b} = \frac{28 \text{ mm} \cdot 760 \text{ mm}}{(28 - 23) \text{ mm}} = 4256 \text{ mm}$$

$$L = 4,256 \text{ m}$$

Anforderungen an Laufverbindungen

Eine Laufverbindung muß vor allem fest sein. Durch Erwärmen der Läufe bei rascher Schußfolge darf sich keine spürbare Veränderung beim Schießen zeigen. Die Verbindung der Einzelläufe erfolgt vorwiegend durch Hartlot.

Auf die mechanische Verarbeitung wird großer Wert gelegt, weil davon die sich anschließende handwerkliche Arbeit des Laufschlossers abhängig ist. Die äußere Form der Einzelläufe einer Doppelflinte ist dem Verlauf des Gasdrucks angepaßt, d. h., wo der Gasdruck am größten ist, ist die Wanddicke des Flintenlaufs am stärksten und somit der Außendurchmesser am größten. Die Arbeit des Laufschlossers beginnt mit dem Einpassen der verlängerten Schiene (Greener-Schiene) und des Hakenstücks.

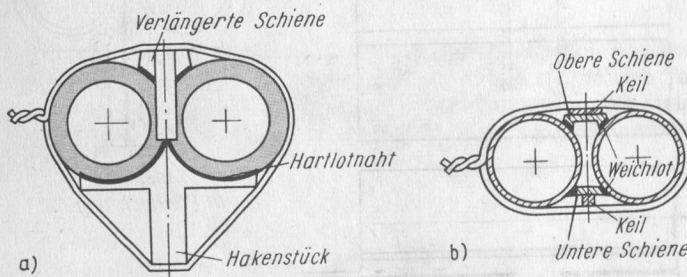


Bild 3.2.55. Flächen eines Doppelflintenlaufs
a) Hartlotflächen; b) Weichlotflächen

Beide Laufteile sind ebenfalls weitgehend mechanisch vorgearbeitet. Auf den Lötflächen wird das Flußmittel für das Silberlot gleichmäßig verteilt. Beide Läufe werden durch Klammern gehalten, während die beiden Laufteile durch Umwickeln von Draht an die Läufe gepreßt werden. Die richtige Lage der Seelenachsen in waagerechter Richtung wird durch Kanteln überprüft. Jetzt kann das Silberlot beigelegt und die Lötstelle im Elektroofen erwärmt werden. Die Schmelztemperatur der Silberlotlegierung liegt bei 620 ... 650 °C. Auf die genaue Einhaltung dieser Temperatur muß besonders geachtet werden, weil bei Überhitzung die durch den Vergütungsprozeß gewonnenen Werkstoffeigenschaften wieder verlorengehen. Diese Gefahr ist bei Verwendung von Messinglot, dessen Schmelztemperatur bei etwa 800 °C liegt, sehr groß. Nach dem Entfernen der Hartlotreste werden die obere, die untere und die mittlere Laufschiene sowie der Haft und die Mündungskeile eingepaßt. Diese Laufteile werden durch Weichlot mit den Läufen verbunden. Auch jetzt werden die Läufe wieder an mehreren

Stellen mit Draht umwickelt. Zwischen Draht und Schiene werden kleine Keile eingeschlagen, die die Schienen gut an die Läufe pressen (Bild 3.2.55b). Die Lage der Läufe wird nochmals überprüft und das Weichlot beigelegt.

Bei etwa 250 °C fließt das Lot; die Verbindung ist hergestellt. Jetzt sind nur noch die Lötreste sorgfältig zu entfernen, wobei die Mantelflächen der Läufe nicht beschädigt werden dürfen. In der Fachsprache heißt diese Tätigkeit des Laufschlossers „Garnieren“. Die Belastungen aller Lötstellen erfordern eine einwandfreie, feste Verbindung der Laufteile mit dem Lauf. Die Verbindung darf an keiner Stelle schadhaft sein, weil sonst Korrosionserscheinungen auftreten.

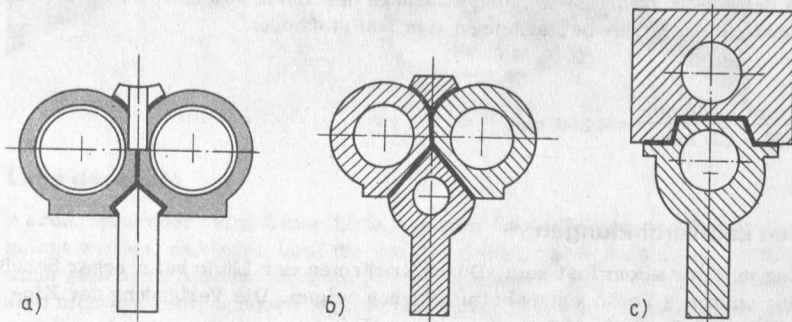
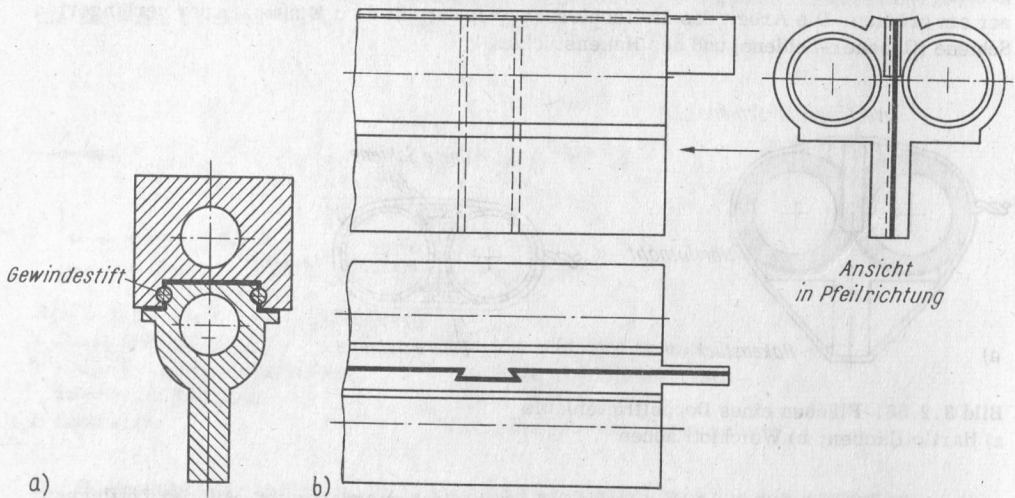


Bild 3.2.56. Hartlotverbindung

a) eines Doppelflintenlaufs; b) eines Drillinglaufs; c) eines Bockflintenlaufs



a)

b)

Bild 3.2.57. Weichlotverbindung

a) eines Bockflintenlaufs; b) eines Doppelflintenlaufs

Bei der Weichlotverbindung eines Bockflintenlaufs (Bild 3.2.57a) ist eine Überhitzung des Laufwerkstoffs nicht möglich, weil die Schmelztemperatur des Weichlots bei etwa 250 °C liegt. Die beiden seitlich eingeschraubten Gewindestifte sichern die gegenseitige Lage der Läufe.

Die Verbindung zweier Flintenläufe durch einen Schwalbenschwanz (Bild 3.2.57b) ist formschlüssig. An beiden Läufen ist der halbe Laufhaken angeschmiedet. Die Verbindung erfolgt durch Weichlot. Der angeschmiedete halbe Laufhaken erschwert die maschinelle Vorbearbeitung der Einzelläufe; daher wird diese Verbindung auch heute nicht mehr hergestellt.

Aufgaben

1. Nehmen Sie von einem Doppelflintenlauf die Maße für die Größen a , b und l ab (Bild 3.2.54), und errechnen Sie die Entfernung L des Schnittpunktes der Seelenachsen vom Stoßboden!
2. Begründen Sie das Verbinden mehrerer Einzelläufe zu einer Einheit!
3. Nennen Sie die üblichen Gewehrlaufverbindungen!
4. Warum müssen sich die Seelenachsen einer Doppelflinte in einer Entfernung von 3 ... 4 m schneiden?
5. Welche Anforderungen sind an eine gute Laufverbindung zu stellen?

3.2.8. Patronenzieher

Aufbau

Der Patronenzieher hebt beim Öffnen des Gewehrs die Patronen oder Patronenhülsen aus dem Patronenlager, so daß sie bequem mit der Hand vollständig herausgenommen werden können. Bei Gewehren mit Auswerfereinrichtung schleudert der Patronenzieher die Patronenhülse nach dem Anheben vollständig heraus.

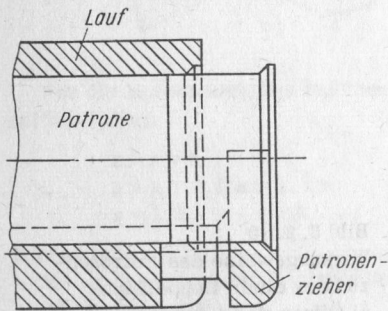


Bild 3.2.58
Flintenlauf mit Patrone und Patronenzieher

Für den Patronenzieherstengel ist im Laufhakenstück eine Bohrung vorgesehen, in der er sich bewegen kann. Die Patronenzieherplatte legt sich in eine Vertiefung des Stoßbodens und ist dem Patronenlager und dem Patronenrand angepaßt. Die kleine Nase an der Patronenzieherplatte gleitet in der verlängerten Laufschiene und verhindert eine Drehung des Patronenziehers.

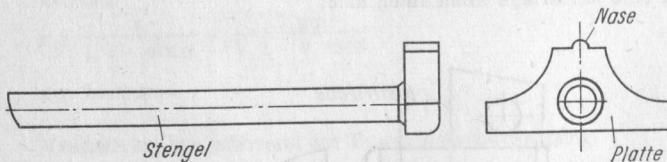


Bild 3.2.59. Patronenzieher einer Doppelflinte ohne Auswerfer

Wirkungsweise

Die kreisförmige Bewegung des Verschußstücks wird beim Öffnen des Gewehrs auf den Vorderschaftzahn übertragen, der einerseits auf der Ausfallfläche des Verschußstücks liegt und andererseits die abgeschrägte und abgerundete Stirnfläche des Patronenzieherstengels berührt. An der Berührungsstelle übt der Vorderschaftzahn die Kraft aus, die zum Bewegen des Patronenziehers und zum Herausziehen der Patronenhülsen oder Patronen erforderlich ist. Der Patronenzieherweg beträgt etwa 7 mm. Beim Schließen des Gewehrs schiebt der Stoßboden des Verschußstücks den Patronenzieher und die neueingeführten Patronen in den Lauf. Der Zahn wird vom Patronenzieherstengel zurückgedreht.

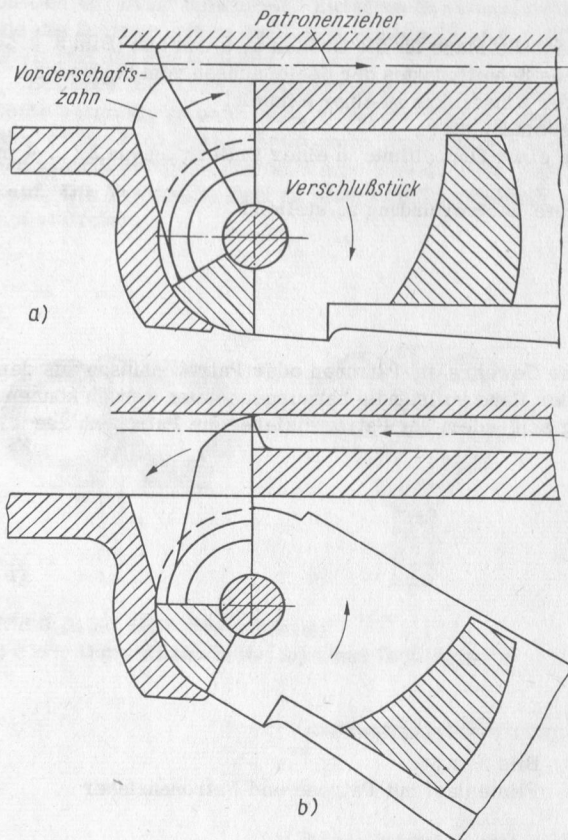


Bild 3.2.60
Wirkungsweise des Patronenziehers einer Doppelflinte
a) Öffnen des Gewehrs
b) Schließen des Gewehrs

Der Patronenzieher muß sich theoretisch in Richtung der Patronen, d.h. in Richtung der Seelenachsen, bewegen; deshalb müßte die Bohrung für den Patronenziehstengel parallel zur Seelenachse verlaufen. Bei einläufigen Gewehren ist das ohne weiteres möglich; bei mehrläufigen Gewehren verlaufen die Seelenachsen jedoch nicht parallel, so daß die Bohrung für den Patronenziehstengel eine Mittellage einnehmen muß.

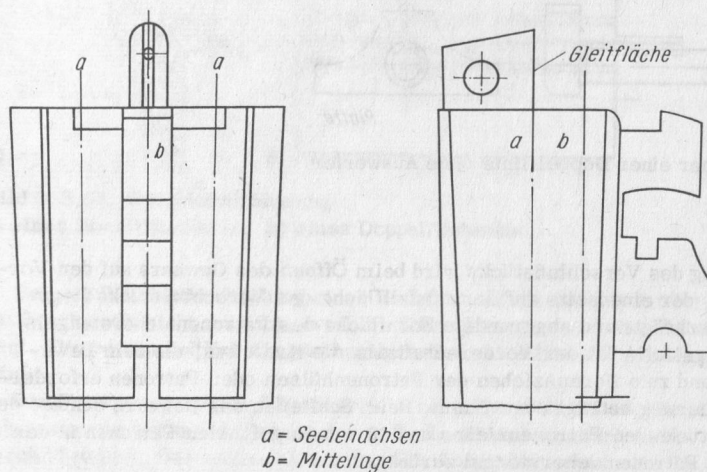


Bild 3.2.61
Lage des Patronenziehstengels

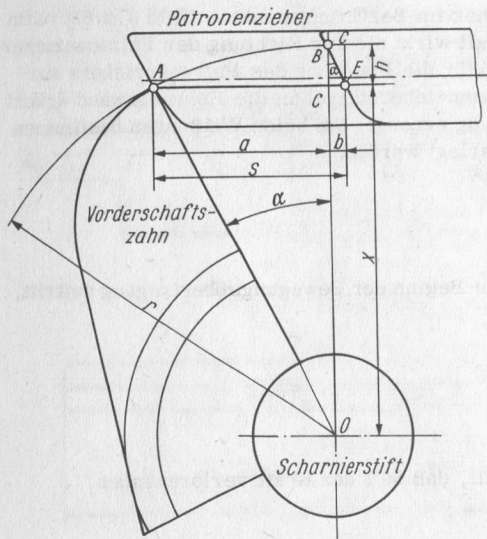


Bild 3.2.62
Patronenziehler und Vorderschaftszahn

Für die Berechnung des Patronenziehlerwegs ist eine Größengleichung zu entwickeln (es sei $b = 0,1a$):

$$s = a + b$$

$$a = r \cdot \sin \alpha$$

$$b = 0,1a$$

$$s = a + 0,1a = 1,1a$$

$$s = 1,1 \cdot r \cdot \sin \alpha$$

Beispiele

1. Es ist der Patronenziehlerweg bei einem Öffnungswinkel von 25° und einer Zahnlänge von 14 mm zu errechnen.

Lösung:

$$s = 1,1 \cdot r \cdot \sin \alpha$$

$$s = 1,1 \cdot 14 \text{ mm} \cdot 0,4226$$

$$s = 6,5 \text{ mm}$$

2. Der Öffnungswinkel eines Verschlussstücks beträgt $25^\circ 30'$; der Patronenziehlerweg soll 7 mm sein. Es ist der Radius r des Patronenziehlerzahns zu errechnen.

Lösung:

$$r = \frac{s}{1,1 \cdot \sin \alpha} = \frac{7 \text{ mm}}{1,1 \cdot 0,4305}$$

$$r = 14,8 \text{ mm}$$

Kraftwirkungen während der Bewegungsübertragung

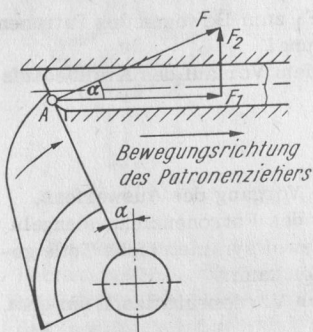


Bild 3.2.63
Kraftwirkungen am Patronenziehlerstengel

Der Vorderschaftzahn übt auf den Patronenzieher im Berührungspunkt A (Bild 3.2.63) beim Öffnen des Gewehrs die Kraft F aus. Diese Kraft wirkt nicht in Richtung der Patronenzieherbewegung; daher steht nur ein Teil der Kraft F für die Bewegung des Patronenziehers zur Verfügung, während der andere Teil den Patronenzieherstengel an die Bohrungswand drückt und dort während der Bewegung eine Gleitreibung erzeugt. Um beide Wirkungen bestimmen zu können, muß F in zwei Kraftkomponenten zerlegt werden:

- F_1 , in Richtung der Bewegung;
- F_2 , senkrecht zur Bewegungsrichtung.

Beispiele

1. Es ist der Kraftverlust zu errechnen, der zu Beginn der Bewegungsübertragung auftritt, wenn der Öffnungswinkel 25° beträgt.

Lösung:

$$F_1 = F \cdot \cos \alpha = 0,9063 \cdot F \approx 0,91 \cdot F$$

Verlust $\approx 9\%$

2. Es ist der Winkel α zu errechnen für den Fall, daß 50% der Kraft verlorengehen.

Lösung:

$$\cos \alpha = F_1 : F = 0,5$$

$$\alpha = 60^\circ$$

3. Die Kraft F sei 4 N, die Reibungszahl Stahl auf Stahl 0,1 und der Winkel $\alpha = 25^\circ$. Es ist die Reibungskraft F_R an der Bohrungswand zu Beginn der Bewegung zu errechnen.

Lösung:

$$F_R = \mu \cdot F_2 = 0,1 \cdot F \cdot \sin \alpha$$

$$F_R = 0,1 \cdot 4 \text{ N} \cdot 0,4226$$

$$F_R = 0,17 \text{ N } (\approx 0,017 \text{ kp})$$

Aufgaben

1. An welcher Stelle des Patronenziehers wird der Werkstoff belastet?
2. Erklären Sie die eintretende Belastung des Patronenziehers!
3. Welche Maßnahme ist erforderlich, um den Verschleiß an der belasteten Stelle des Patronenziehers möglichst niedrig zu halten?
4. Aus welchem Werkstoff muß der Patronenzieher hergestellt werden?
5. Stellen Sie die Größengleichungen für F , F_1 und F_2 auf!
6. Wie ändern sich die Kraftwirkungen am Patronenzieherstengel bei
 - a) größerem Winkel α ; b) kleinerem Winkel α ?
7. Wie ändern sich die Kraftwirkungen am Patronenzieherstengel während des Öffnens des Gewehrs?
8. Welche Richtung hat die Kraft F bei vollständig geöffnetem Gewehr?
9. Beschreiben Sie den Verlauf der Kraftkomponentengröße F_1 zum Bewegen des Patronenziehers vom Beginn bis zum Ende der Bewegungsübertragung!
10. Vergleichen Sie den Verlauf der Kraftkomponente F_1 mit dem Verlauf des Kraftbedarfs zum Bewegen des Patronenziehers!

Patronenzieher der Doppelflinte mit Auswerfer

Anordnung, Form und Wirkungsweise entsprechen, bis auf den Vorgang des Auswerfens, denen des Patronenziehers ohne Auswerfer. Der Durchmesser des Patronenzieherstengels beträgt etwa 7 mm. Der Patronenzieher ist der Länge nach in zwei symmetrische Teile geteilt, damit gegebenenfalls nur eine Patrone ausgeworfen werden kann.

Der Patronenzieher wird beim Öffnen des Gewehrs durch den Vorderschaftzahn um etwa 4 mm angehoben.

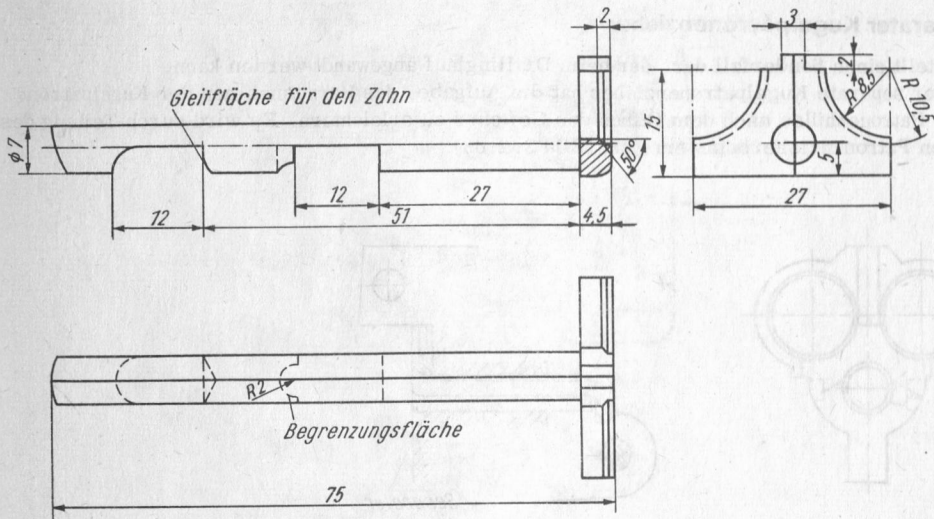


Bild 3.2.64. Patronenzieher einer Auswerfer-Doppelflinte

- Durch das Anheben des Patronenziehers wird erreicht, daß
- der Jäger bzw. Sportschütze die nichtabgeschossenen Patronen leicht aus dem Patronenlager nehmen kann,
 - der Patronenzieher und die Patronenhülsen in eine freie Lage mit möglichst geringer Haftreibung gebracht werden,
 - ein Spiel zwischen Patronenzieher und Auswerferschlagstück entsteht, das die Energieübertragung von der Feder zum Patronenzieher begünstigt.

Das Auswerferschlagstück schlägt gegen den Patronenzieher; die Patronenhülsen werden herausgeschleudert. Der Weg des Patronenziehers wird durch die Patronenzieheranschlagschraube begrenzt.

Patronenzieher des Drillings

Der Drillingpatronenzieher hat zwei sogenannte Beine, die in seitlichen Nuten des Büchslaufmantels gleiten und den Patronenzieher bei seiner Bewegung führen.

Die Bewegungsübertragung vom Verschußstück zum Patronenzieher erfolgt direkt, d. h. ohne ein besonderes Übertragungselement.

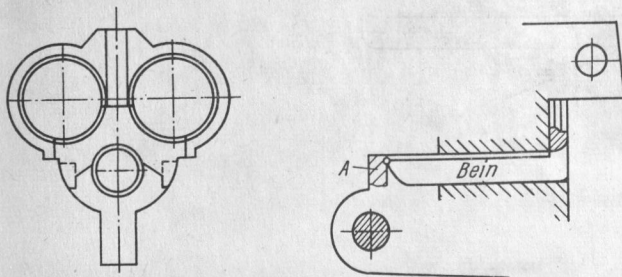


Bild 3.2.65
Patronenzieher eines Drillings

Ein Ansatz A im Kugelaufgesenk des Verschußstücks berührt die Übertragungsfläche am Patronenzieher. Form und Richtung dieser Übertragungsfläche bestimmen die vorgeschriebene Größe des Patronenzieherwegs; er beträgt normalerweise 7 ... 8 mm. Beim Schließen des Gewehrs wird der Patronenzieher mit den Patronen vom Stoßboden des Verschußstücks zurück bewegt.

Separater Kugelpatronenzieher

Er stellt einen Sonderfall dar, der beim Drillinglauf angewandt werden kann.

Der separate Kugelpatronenzieher hat die Aufgabe, das Herausnehmen der Kugelpatrone oder Patronenhülse nach dem Öffnen des Gewehrs zu erleichtern. Es wird durch Teilung des linken Patronenzieherbeins erreicht (Bild 3.2.66).

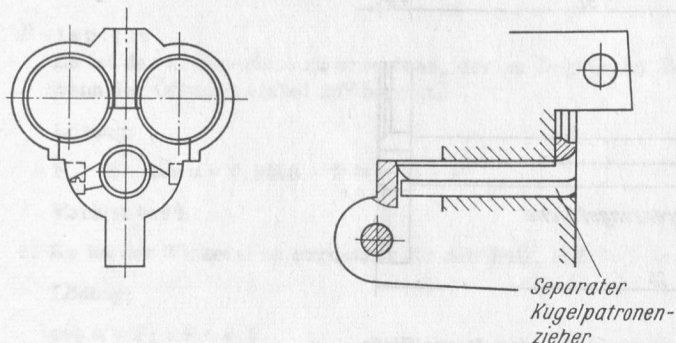
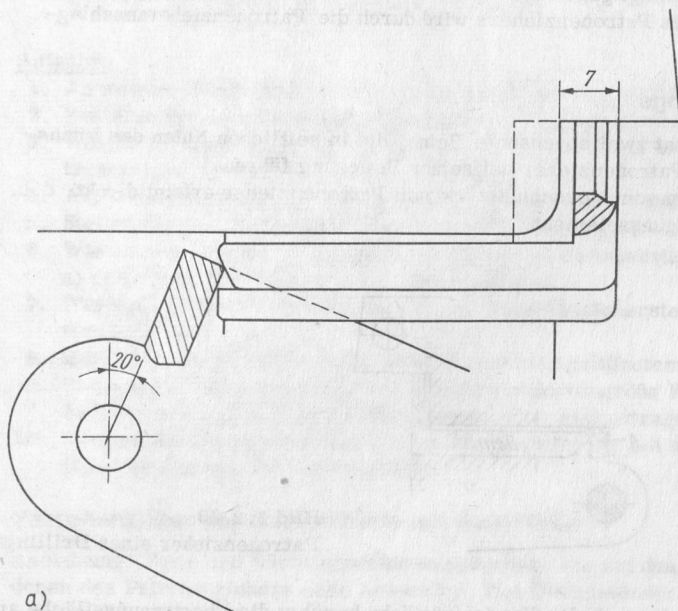


Bild 3.2.66. Separater Kugelpatronenzieher

Die Bewegungsübertragung vom Verschußstück auf beide Patronenzieher erfolgt auch hier direkt. Ist das Verschußstück so weit gedreht, daß die Flintenpatronenhülsen herausgenommen und die neuen Patronen eingeführt werden können, was bei einem Öffnungswinkel von etwa 20° der Fall ist, so muß der zurückgelegte Weg des Flintenpatronenziehers 7 ... 8 mm sein (Bild 3.2.67a). Er bleibt stehen, während beim weiteren Drehen des Verschußstücks der separate Kugelpatronenzieher weiter bewegt wird (Bild 3.2.67b).



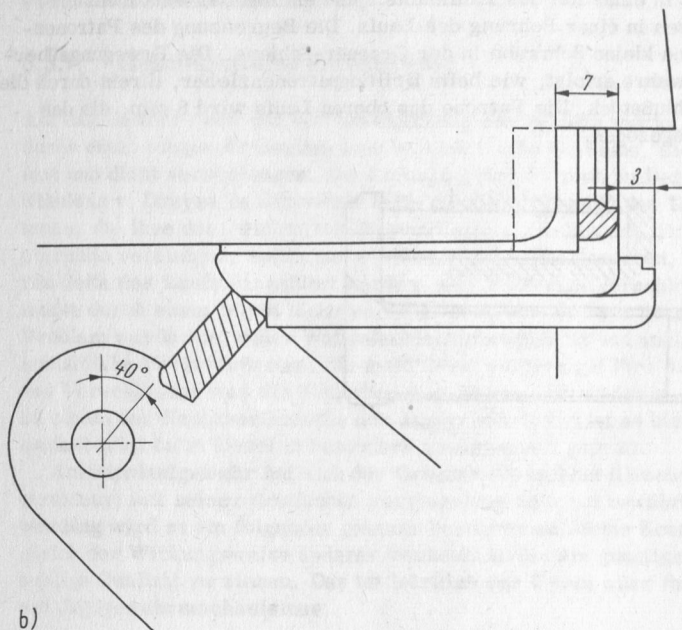


Bild 3.2.67. Wirkungsweise des separaten Kugelpatronenziehers
a) $\alpha = 20^\circ$; b) $\alpha = 40^\circ$

Bei einem Öffnungswinkel von etwa 40° kann die Kugelpatronenhülse ebenfalls herausgenommen werden. Damit ist auch die Bewegung des separaten Kugelpatronenziehers beendet.

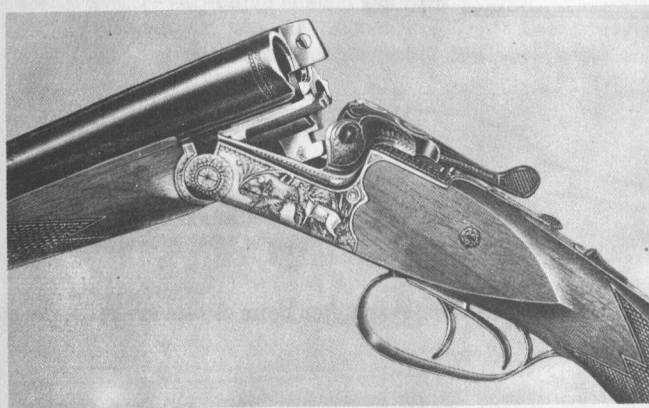


Bild 3.2.68. Drilling mit separatem Kugelpatronenzieher

Patronenzieher der Bockflinte ohne Auswerfer

Dieser Patronenzieher kann sowohl geteilt als auch ungeteilt sein. Ist er ungeteilt, entspricht seine Wirkungsweise der des Drillingpatronenziehers. Der geteilte Patronenzieher bietet produktionstechnische Vorteile, weil er ohne wesentliche Änderung auch für Gewehre mit Auswerfer verwendet werden kann. Außerdem läßt man die eine Patronenzieherhälfte etwa 2 mm mehr anheben, wodurch das Herausnehmen der Patronenhülsen erleichtert wird. Jede

Patronenzieherhälfte gleitet in einer Nut des Laufmantels und ein mit der Patronenzieherplatte fest verbundener Bolzen in einer Bohrung des Laufs. Die Begrenzung des Patronenzieherwegs erfolgt durch eine kleine Schraube in der Greener-Schiene. Die Bewegungsübertragung beim Öffnen des Gewehrs erfolgt, wie beim Drillingpatronenzieher, direkt durch die Scharnieransätze am Verschußstück. Die Patrone des oberen Laufs wird 8 mm, die des unteren Laufs 10 mm herausgezogen.

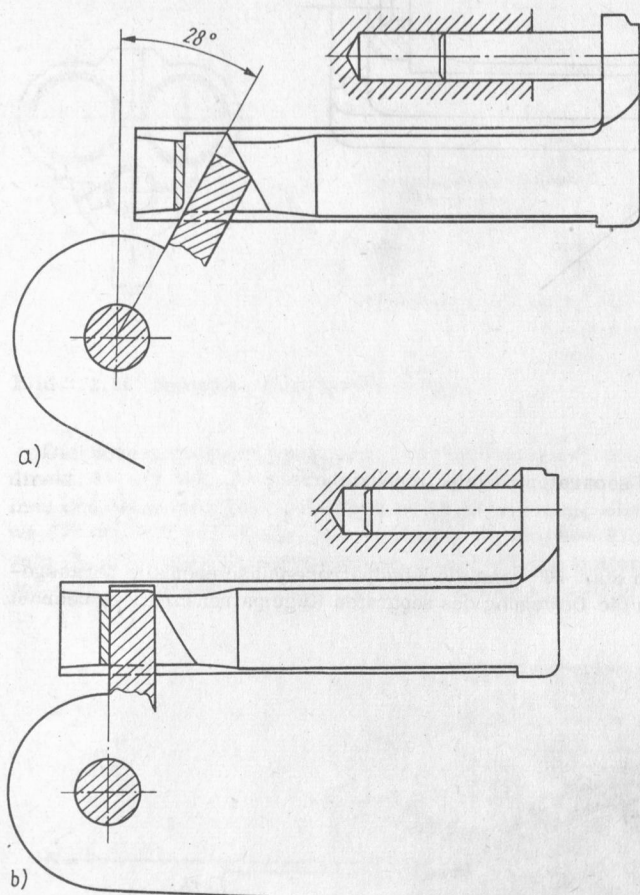


Bild 3.2.69
Patronenzieher eines
Bockflintenlaufs
a) $\alpha = 28^\circ$; b) $\alpha = 0^\circ$

Die Scharnieransätze bewegen auch die Patronenzieherhälften beim Schließen des Gewehrs wieder in ihre Ruhelage zurück.

Aufgaben

1. Zeichnen Sie die Seitenansicht des Patronenziehers (Bild 3.2.65) so, daß das Verschußstück um 43° gedreht und der Patronenzieher herausgezogen ist!
2. Wie muß die Richtung der Übertragungsfläche geändert werden, wenn der Patronenzieherweg kleiner oder größer werden soll?
3. Begründen Sie die bessere Eignung der Scharnieransätze zur Bewegungsübertragung beim Schließen des Gewehrs als die des Stoßbodens vom Verschußstück!

3.3. Gewehrverschluß

3.3.1. Geschichtliche Entwicklung

Als das Gewehr noch von der Laufmündung aus geladen wurde, war der Lauf am anderen Ende durch einen eingeschrumpften Rundkeil oder eine Schraube, die sogenannte Schwanzschraube, fest und dicht verschlossen. Die Erfindung der Patrone zu Beginn des 19. Jahrhunderts durch Nikolaus v. Dreyse in Sömmerda hatte die Erleichterung des Ladevorgangs zum Ziel. Die Patrone, die ihre drei wichtigsten Bestandteile - Zündmasse, Pulver und Geschoß - in einer Papierhülle vereinigte, sollte nun an der bisher verschlossenen, für den Jäger aber bequemen Seite des Laufs eingeführt werden. Der bisherige Verschluß durch die Schwanzschraube mußte durch einen leicht lösbaren, aber trotzdem dichten Verschluß ersetzt werden. Dieses Problem wurde von vielen Waffenfachleuten angepackt und auch gelöst. Es entstanden unterschiedliche Verschlußarten, die mehr oder weniger gut ihre Aufgaben erfüllten. Von der Güte des Verschlusses war die Sicherheit des Jägers mit abhängig. Der Gewehrverschluß wurde zu einem der Hauptbestandteile des Jagdgewehrs und ist es bis heute geblieben. Seine Haltbarkeit wird beim Beschuß besonders gewissenhaft geprüft.

Am Kipplaufgewehr hat sich der Greener-Verschluß (Greener = englischer Waffenkonstrukteur) mit seiner dreifachen Verriegelung sehr gut bewährt. Wegen der bevorzugten Anwendung wird er im folgenden genauer beschrieben. Seine Kenntnis ermöglicht beim Vergleich der Wirkungsweise anderer Verschlußarten am günstigsten, Rückschlüsse auf die jeweilige Qualität zu ziehen. Das ist letztlich der Zweck aller theoretischen Untersuchungen am Jagdgewehrmechanismus.

Aufgaben

1. Erläutern Sie, wie bei Vorderladegewehren der Lauf nach hinten verschlossen wurde!
2. Welche Erfindung machte den Verschlußmechanismus erforderlich?

3.3.2. Greener-Verschluß

Der Greener-Verschluß besteht aus dem

- Verschlußstück, das die Laufbohrung durch Drehbewegung abschließt oder freigibt (Bild 3.3.1). Der mit dem Verschlußstück fest verbundene Scharnierstift liegt in einer ent-

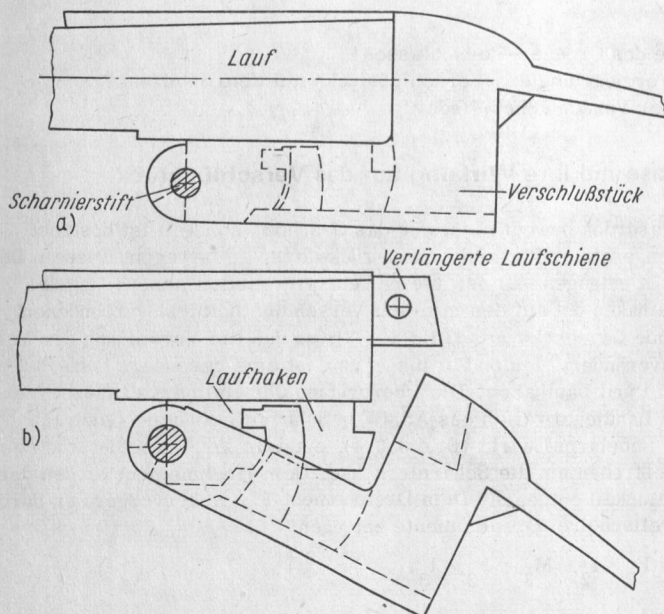


Bild 3.3.1
Laufbohrung
a) abgeschlossen; b) frei

sprechenden Aussparung des Laufhakens und nimmt die nach rückwärts wirkende Kraft der Pulvergase auf.

- Verschlussmechanismus, der das Verschlussstück nach dem Laden mit dem Lauf durch dreifache Verriegelung verbindet. Nach dem Schuß ist die Verbindung durch Drehen des Verschlusshebels leicht und bequem lösbar. Nach einer Drehung um etwa 25° gibt das Verschlussstück die Laufbohrung zum Wiederladen frei.

Der Verschlussmechanismus (Bild 3.3.2) ist im Verschlussstück untergebracht.

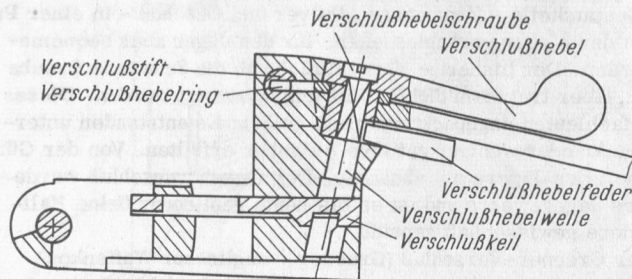


Bild 3.3.2
Schnitt durch den
Verschlussmechanismus

Der Verschlussmechanismus besteht aus folgenden Teilen:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| • Verschlusshebel | • Verschlusskeil |
| • Verschlusshebelring
(Greener-Ring) | • Verschlusshebelwelle (Exzenter) |
| • Verschlussstift
(Greener-Stift, Querriegel) | • Verschlusshebelfeder |
| | • Verschlusshebelschraube |
| | • Halteschraube. |

Alle Teile sind miteinander verbunden und führen Bewegungen aus, sobald der außenliegende Verschlusshebel vom Jäger oder von der Verschlusshebelfeder gedreht wird. Verschlussstift und -keil sind Verriegelungselemente; Verschlusshebelring, -hebelwelle und -hebelschraube sind Verbindungselemente. Die Verschlusshebelfeder dreht den Verschlussmechanismus nach dem Schließen so, daß Verschlussstück und Lauf wieder miteinander verbunden werden und die Laufbohrung abgeschlossen ist. Nach dem Schuß löst der Jäger die Verbindung, indem er den Verschlusshebel entgegen der Federkraft dreht. In der Praxis werden diese beiden Vorgänge „Schließen“ und „Öffnen“ genannt.

Aufgaben

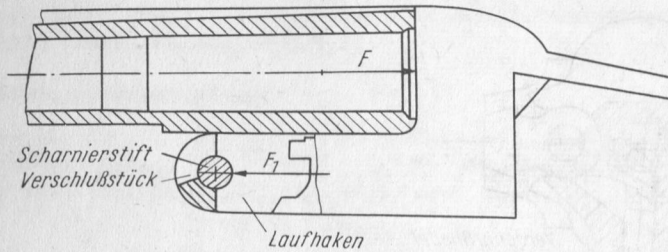
1. Nennen Sie die Bestandteile des Greener-Verschlusses!
2. Welche Teile nehmen die Verriegelung des Verschlussstücks mit dem Lauf vor?
3. Erklären Sie die Aufgabe der Verschlusshebelfeder!

3.3.3. Kraft der Pulvergase und ihre Wirkung auf das Verschlussstück

Der beim Schuß auftretende Gasdruck bewegt nicht nur das Geschöß, sondern ist bestrebt, das Verschlussstück in entgegengesetzter Richtung, nach rückwärts, zu bewegen. Diesem Bestreben wirkt der Scharnierstift entgegen. Er ist in einer entsprechenden Aussparung des Laufhakens gelagert. Der Laufhaken übt auf den mit dem Verschlussstück fest verbundenen Scharnierstift die entsprechende Gegenkraft aus (Bild 3.3.3), so daß die Verbindung des Verschlussstücks mit dem Lauf unverändert bleibt. Voraussetzung ist eine besonders hohe Paßqualität zwischen Scharnierstift und Laufhaken. Die Überprüfung der Haltbarkeit dieser Verbindung erfolgt im Fachgebiet Handfeuerwaffen des ASMW in Suhl mit erhöhtem Gasdruck.

Weil die Pulverkraft F am Hebelarm l wirkt (Bild 3.3.4), entsteht am Verschlussstück ein Drehmoment, d.h. ein Drehbestreben um die Scharnierachse. Dem Drehmoment wirken der Verschlussstift und der Verschlusskeil entgegen. Dem Drehmoment $F \cdot l$, hervorgerufen durch die Pulverkraft, wirken theoretisch drei Drehmomente entgegen:

$$M_1 = F_1 \cdot l_1, \quad M_2 = F_2 \cdot l_2, \quad M_3 = F_3 \cdot l_3.$$



$$\text{Kraft} = \text{Gegenkraft}$$

$$F = F_1$$

Bild 3.3.3. Kraft des Gasdrucks und Gegenkraft

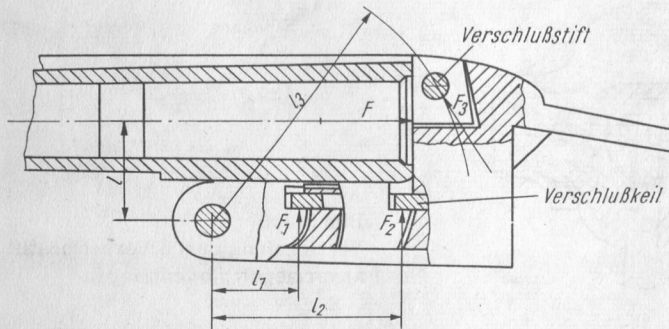


Bild 3.3.4. Wirkungen der Kraft des Gasdrucks

Es muß damit gerechnet werden, daß infolge Abnutzung an den belasteten Stellen zwei Verriegelungen ausfallen, so daß nur an einer Stelle ein Drehmoment wirkt. Die Verschußteile müssen deshalb so bemessen sein, daß jede Verriegelung allein der Belastung standhält, auch dann, wenn durch unvorhergesehene Fälle beide Schüsse einer Doppelflinte zugleich ausgelöst werden.

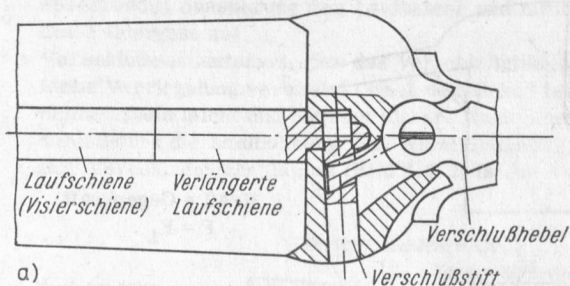
Aufgaben

1. Erläutern Sie die Wirkungen der Pulverkraft auf das Verschußstück!
2. Nennen Sie die Stellen, an denen die den Wirkungen der Pulverkraft auf das Verschußstück entsprechenden Gegenwirkungen erzielt werden!

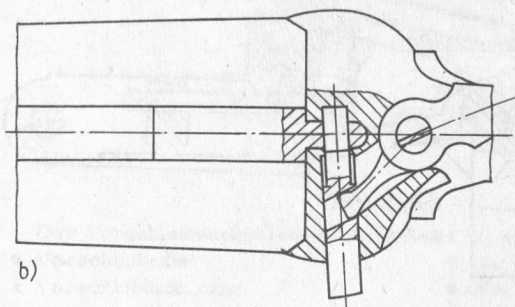
3.3.4. Verriegelung durch den Verschußstift

Um eine Verbindungsmöglichkeit des Verschußstücks mit dem Lauf zu schaffen, wird die obere hohle Laufschiene (Visierschiene) durch ein massives Stück über den Stoßboden des Laufs hinaus verlängert. Dieses massive Stück heißt „verlängerte Laufschiene“ oder auch „Greener-Schiene“ (Bild 3.3.5); sie tritt beim Schließen des Gewehrs in eine entsprechende Aussparung des Verschußstücks und wird durch den Verschußstift verriegelt.

Die Drehbewegung des Verschußhebels wird durch den Arm des Verschußhebelrings auf den Verschußstift übertragen und in eine geradlinige Bewegung umgewandelt. Der Arm des Verschußhebelrings liegt nicht auf der Symmetrieachse des Gewehrs, weil die verlängerte Laufschiene in der Mitte des Stoßbodens angeordnet ist. Die Abweichung von der Symmetrieachse erfordert eine entsprechend schräge Lage des Schlitzes im Verschußstift, in den der Hebelarm bzw. Verschußhebelring eingreift. Auch die Achse des Verschußstifts ist um einen kleinen Winkel gegen die Stoßoberfläche geneigt, weil der Hebelarm im geöffneten Zustand im Verschußstift bleiben muß.



a)

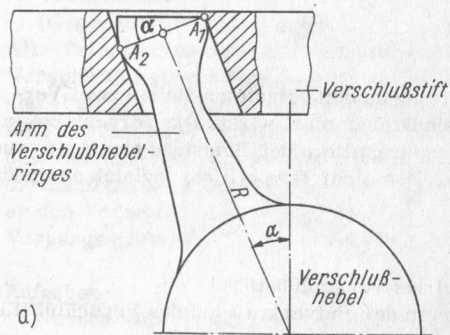


b)

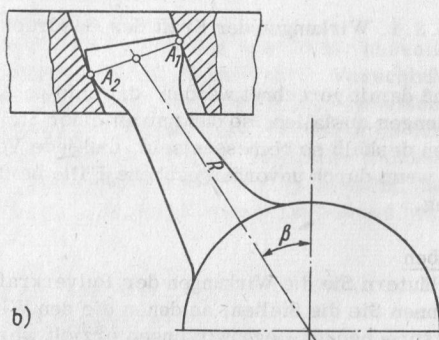
Bild 3.3.5

Verriegelung durch Verschlußstift

a) verriegelt; b) entriegelt



a)



b)

Bild 3.3.6. Verschlußhebelring und Verschlußstift

a) Ausgangsstellung; b) Verschlußhebelring, gedreht

Bewegungsübertragung vom Verschlußhebel zum Verschlußstift

Der Verschluß wird mit einem Daumen geöffnet. Das Übertragen der Bewegung vom Verschlußhebel zum Verschlußstift sollte ohne ein durch die Hand wahrnehmbares Spiel erfolgen. Dies erfordert eine besonders gute Paßqualität und gründliche Kenntnis der Formen der im Eingriff stehenden Teile.

Eine gute Paßqualität ist beim Zusammenpassen der Verschlußteile zu erreichen, wenn die Gleitflächen

- im Schlitz des Verschlußstifts eben sind und parallel verlaufen,
- am Arm des Verschlußhebelrings kreisförmig sind und einen gemeinsamen Mittelpunkt haben.

Ist die Paßqualität optimal, so ist die Summe der Radien stets gleich der Schlitzbreite, da die Gleitflächen des Verschlußstiftschlitzes in jeder Hebelstellung tangential zu dem Kreisbogen des Verschlußhebelrings verlaufen und die Berührungsflächen senkrecht auf den Tangenten stehen (Bild 3.3.6b).

Der Verschlußhebelring gleitet während der Bewegungsübertragung im Schlitz des Ver-

schlußstifts. Bei nahezu spelfreiem Gang muß der Abstand der Berührungsflächen $\overline{A_1A_2}$ in jeder Hebelstellung gleich sein.

Form der Gleitflächen

Werden die beiden Bedingungen für eine gute Paßqualität der Verschlußteile zur Grundlage für die Konstruktion der Gleitflächen am Verschlußhebelring gemacht, ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für die Form der Gleitflächen.

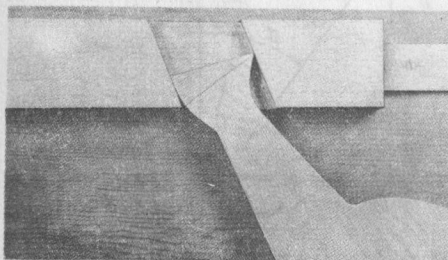
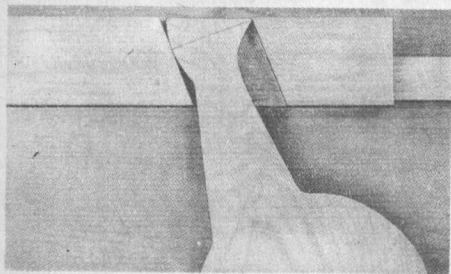
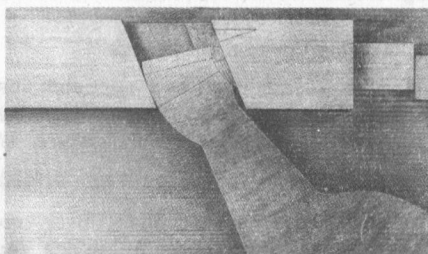
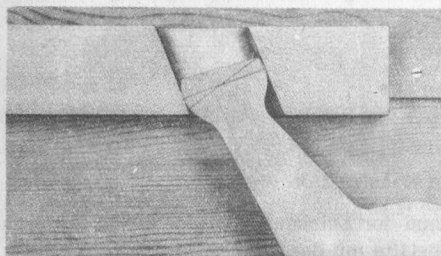
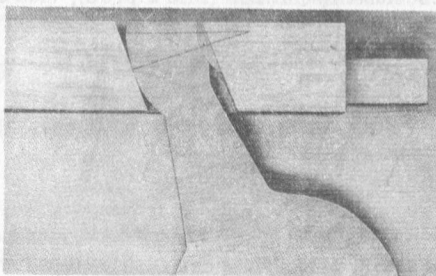
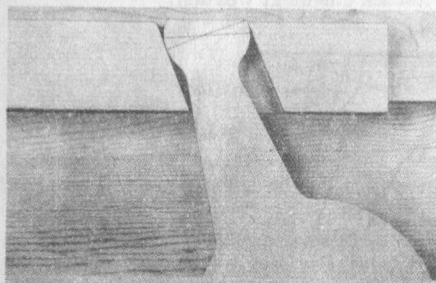


Bild 3.3.7 Formen der Gleitflächen
am Verschlußhebelring

Ist der Mittelpunkt der Gleitflächen oder -flanken nach rechts gerückt (Bild 3.3.8a), so wird der Arm des Verschlusshebelrings länger.

Die Radien der Flanken sind verschieden groß; ihre Summe ist gleich dem Abstand der Berührungspunkte. Die Schenkel des Öffnungswinkels α begrenzen die belasteten Flächen; links steht eine größere Fläche im Eingriff als rechts.

Ist der Mittelpunkt der Gleitflächen des Greener-Rings nach rechts auf die Gleitfläche des Greener-Stifts gerückt (A_1 , Bild 3.3.8b), so hat der Arm des Verschlusshebelrings nur links eine kreisförmige Flanke; die rechte Flanke ist theoretisch eine Kante.

Liegt der gemeinsame Mittelpunkt der Gleitflächen des Verschlusshebelrings außerhalb des Verschlussstiftschlitzes (Bild 3.3.8c), muß ein Gleitstück eingelegt werden.

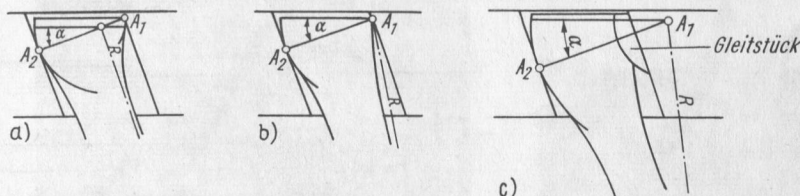


Bild 3.3.8. Mittelpunkt der Gleitflächen

- a) nach rechts gerückt; b) liegt auf der Verschlussstiftgleitfläche A_1 ;
c) liegt außerhalb der Verschlussstiftgleitfläche

Berechnen des Verschlussstiftwegs

Der Weg des Verschlussstifts s setzt sich zusammen aus

- der Strecke a (Bild 3.3.9a), die angenähert gleich der Dicke der verlängerten Schiene ist;
- dem Eintritt b in das Verschlussstück beim Schließvorgang.

$$s = a + b \quad \text{Diesen Weg } s \text{ erfordert die Konstruktion.}$$

Das Berechnen des Verschlussstiftwegs soll anhand der Zeichnung (Bild 3.3.9b) erfolgen. In dieser Zeichnung bildet die Achse des Verschlussstifts mit der Symmetrieachse des Gewehrs zwecks Vereinfachung der Berechnung einen rechten Winkel; die Neigung (Bild 3.3.9a)

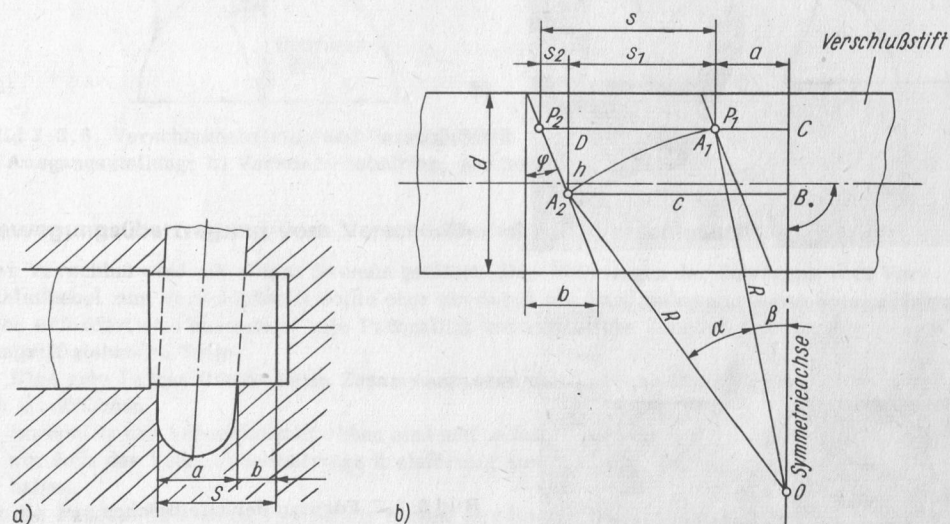


Bild 3.3.9. Weg des Verschlussstifts

- a) $a + b = s$ (gilt nur für dieses Bild); b) $a + b \neq s$

a und b Hilfsgrößen zur Berechnung des Greener-Stift-Wegs

bleibt daher unberücksichtigt. Der dadurch entstehende Fehler liegt innerhalb der zulässigen Toleranz.

Beim Drehen des Verschlusshebels um den Winkel α bewegen sich Punkt A_1 des Verschlusshebelrings nach Punkt A_2 und Punkt P_1 des Verschlussstifts nach P_2 .

$$s = \overline{P_2 P_1} = s_1 + s_2$$

$$s_1 = \overline{A_2 B} - \overline{P_1 C} = R \cdot \sin(\alpha + \beta) - R \cdot \sin \beta = R \cdot [\sin(\alpha + \beta) - \sin \beta]$$

$$s_2 = h \cdot \tan \varphi = R \cdot [\cos \beta - \cos(\alpha + \beta)] \cdot \frac{b}{d}$$

$$s = R \cdot \left[\sin(\alpha + \beta) - \sin \beta + \frac{b}{d} (\cos \beta - \cos(\alpha + \beta)) \right]$$

Der Verschlussstiftweg s ist abhängig vom

- Hebelarm R
- Winkel β (konstruktionsbedingt)
- Öffnungswinkel α
- Greener-Stift-Schlitz (ihrer Schräge).

Durch Verwendung trigonometrischer Funktionen und Einsatz von Mittelwerten für Schräge und Breite des Greener-Stift-Schlitzes ergibt sich eine Größengleichung für die Berechnung eines genügend genauen Näherungswerts für den Greener-Stift-Weg:

$$s = R \cdot \sin \alpha.$$

Beispiele

- Der Arm des Verschlusshebelrings ist 18 mm lang; der Öffnungswinkel des Verschlusshebels beträgt 20° . Es ist der Verschlussstiftweg zu errechnen.

Lösung:

$$s = R \cdot \sin \alpha = 18 \text{ mm} \cdot 0,3420$$

$$s \approx 6 \text{ mm}$$

- Bei einem Öffnungswinkel von 22° soll ein Verschlussstiftweg von 7,5 mm erreicht werden. Es ist die erforderliche Armlänge des Verschlusshebelrings zu errechnen.

Lösung:

$$R = \frac{s}{\sin \alpha} = \frac{7,5 \text{ mm}}{0,3746}$$

$$R \approx 20 \text{ mm}$$

- Die Armlänge des Verschlusshebelrings ist 19 mm; der Verschlussstiftweg soll 7 mm betragen. Es ist der Öffnungswinkel zu errechnen.

Lösung:

$$\sin \alpha = \frac{s}{R} = \frac{7 \text{ mm}}{19 \text{ mm}} = 0,3684$$

$$\alpha \approx 22^\circ$$

Aufgaben

- Begründen Sie, weshalb jede Verriegelung allein der gesamten Belastung standhalten muß!
- Weshalb verläuft der Schlitz im Verschlussstift einer Doppelflinte schräg?
- Erläutern Sie das Erreichen eines gleichmäßigen, annähernd spielfreien Gangs des Verschlussmechanismus!
- Von welchen Größen ist der Weg abhängig
 - a) des Verschlussstifts; b) des Verschlusskeils?
- Welchen Einfluß übt der verlängerte Arm auf den Verschlusshebelweg aus?
- Welcher Teil der Flanken ist dem Verschleiß unterworfen und welcher bleibt unbelastet (Bild 3.3.8)?

7. Nennen Sie die Folgen des Größenunterschieds der Eingriffsflächen!
8. Beurteilen Sie die Konstruktion (Bild 3.3.8 c)!
9. Begründen Sie, weshalb diese Konstruktion für Jagdgewehre ungeeignet ist (Bild 3.3.8 c)!

3.3.5. Belastung des Verschußstifts und der verlängerten Laufschiene

Durch die beim Schuß auftretende Kraft F wird der Verschußstift auf Abscheren belastet.

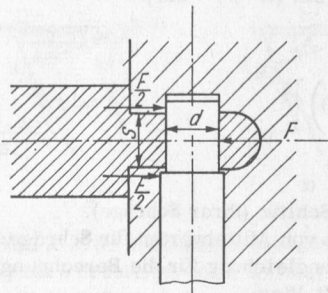


Bild 3.3.10

Kräfte am Verschußstift und an der verlängerten Laufschiene

Der Verschußstift wird, wie der Nietschaft einer Nietverbindung, gegen die Lochwandung der verlängerten Laufschiene gedrückt. Der dabei auftretende Druck wird Lochleibungsdruck genannt. Überschreitet er das zulässige Maß, so wird das Greener-Loch ausgeweitet und dadurch die Haltbarkeit der Verbindung herabgesetzt.

Die auftretende Belastung des Verschußstifts und der verlängerten Laufschiene ergibt sich demnach aus der

- Scherbelastung des Verschußstifts
- Belastung der verlängerten Laufschiene durch den Lochleibungsdruck.

Scherbelastung des Verschußstifts

Die Kraft, die in Richtung der Seelenachse auf den Stoßboden des Verschußstücks wirkt, wird durch die Gasspannung $p_{\max}$ erzeugt; sie verteilt sich auf den Scharnierstift und den Verschußstift, wobei auf den Scharnierstift der größere Teil entfallen soll. Das ist durch hohe Paßqualität erreichbar. Von den Zirkelflächen wird nur ein sehr geringer Teil aufgenommen, der hier unberücksichtigt bleibt.

Bei der Annahme, daß auf den Verschußstift der vierte Teil der Gasspannung entfällt, ergibt sich für die beiden auf Abscheren belasteten Querschnitte des Greener-Stifts folgende Gleichung:

$$\tau_a = \frac{F}{4} = \frac{1}{2A}$$

$$\tau_a = \frac{F}{8 \cdot A} \quad (\text{bei einem Schuß})$$

$$\tau_a = \frac{F}{4 \cdot A} \quad (\text{bei zwei Schüssen zugleich})$$

$$\tau_a = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot p_{\max}}{4 \cdot 4 \cdot 23,76 \text{ mm}^2}$$

$$\tau_a = 0,008 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} \quad (\text{bei zwei Schüssen zugleich})$$

τ_a Scherspannung

D Patronenlagerdurchmesser

F Stoßbodenkraft

A Greener-Stift-Querschnitt

$$F = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} p_{\max}$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{5,5^2 \cdot \pi}{4} \text{ mm}^2$$

$$A = 23,76 \text{ mm}^2 \quad (\text{konstant}).$$

Zwischen σ_z und τ_a besteht die Proportion

$$\sigma_z : \tau_a = 1 : 0,8 \text{ (Tafelwerk).}$$

Daher ist

$$0,8 \cdot \sigma_z \text{ zul} \geq \tau_a$$

$$0,8 \cdot \sigma_z \text{ zul} \geq 0,008 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

$$\text{(Abscherung)} \quad \sigma_z \text{ zul} \geq 0,01 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} \quad (\text{bei zwei Schüssen zugleich}).$$

Eine genügend große Sicherheit ist vorhanden, da im Normalfall der Scharnierstift den größten Teil der Kraft aufnimmt und die Haftreibung an den Seitenflächen des Laufhakens der Kraft entgegenwirkt. Außerdem wird die Patrone einen Teil der Kraft aufnehmen, weil sie durch den Gasdruck an die Lagerwand gepreßt wird.

Lochleibungsdruck in der verlängerten Laufschiene

$$p_1 = \frac{\frac{F}{4}}{\text{projizierte Berührungsfläche}}$$

F Stoßbodenkraft

d Durchmesser des Greener-Stifts

m Dicke der verlängerten Laufschiene

$$p_1 = \frac{F \cdot 2}{4 \cdot d \cdot m} \quad (\text{bei zwei Schüssen zugleich}) \quad F = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} p_{\max}$$

$$p_1 = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot p_{\max} \cdot 2}{4 \cdot 4 \cdot 5,5 \cdot 5,5}$$

$$d = m = 5,5 \text{ mm (konstant)}$$

$$p_1 = 0,013 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Zwischen σ_z und p_1 besteht die Proportion

$$\sigma_z : p_1 = 1 : 2.$$

Außerdem gilt

$$2 \cdot \sigma_z \text{ zul} \geq p_1$$

$$2 \cdot \sigma_z \text{ zul} \geq 0,013 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

(Lochleibung)

$$\sigma_z \text{ zul} = 0,007 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} \quad (\text{bei zwei Schüssen zugleich}).$$

Scherbelastung des Verschlusstifts und Lochleibungsdruck in der verlängerten Laufschiene

Vergleicht man die vorstehenden Ergebnisse miteinander, stellt man fest, daß die Belastung durch die Lochleibung an der verlängerten Laufschiene kleiner ist als die Scherbelastung am Verschlusstift.

Abscherung > Lochleibung

$$\sigma_z \text{ zul} \geq 0,01 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} \quad \text{und} \quad \sigma_z \text{ zul} \geq 0,007 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Durch gute Paßqualität zwischen Scharnierstift und Lauf kann die Scherbelastung des Verschlusstifts vermindert werden; sie ist größer als der Lochleibungsdruck an der verlänger-

ten Laufschiene, weshalb die zulässige Zugspannung des Verschlußstiftwerkstoffs größer sein muß als die der verlängerten Laufschiene, z. B. C 60 als Werkstoff des Verschlußstifts und C 15 als Werkstoff der verlängerten Laufschiene.

Beispiele

1. Der Gasdruck in einem Doppelflintenlauf Kal. 16 ist 60 MPa; der Durchmesser des Patronenlagers 19 mm, die zulässige Zugspannung für den Werkstoff des Verschlußstifts 300 MPa und für den der verlängerten Laufschiene 200 MPa ($200 \text{ MPa} = 200 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 2000 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 2000 \text{ at}$).

Es ist zu prüfen, ob die Zugbelastungen unterhalb der zulässigen Grenzen liegen.

Lösung:

- Verschlußstift σ_{z1}

$$\sigma_{z1} = 0,01 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} = 10^{-2} \text{ mm}^{-2} \cdot 19^2 \cdot 60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z1} = 217 \text{ MPa} (\approx 2170 \text{ at})$$

$$217 \text{ MPa} < 300 \text{ MPa}$$

$$p_{\max} < \sigma_{z \text{ zul}}$$

Die Belastung ist zulässig.

- Verlängerte Laufschiene σ_{z2}

$$\sigma_{z1} : \sigma_{z2} = 0,010 : 0,007$$

$$\sigma_{z2} = \frac{0,007 \sigma_{z1}}{0,01} = 0,7 \cdot \sigma_{z1}$$

$$\sigma_{z2} = 0,7 \cdot \sigma_{z1} = 0,7 \cdot 217 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z2} = 152 \text{ MPa} (\approx 1520 \text{ at})$$

$$152 \text{ MPa} < 200 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z2} < \sigma_{z \text{ zul}}$$

Die Belastung ist zulässig.

2. Das Patronenlager eines Doppelflintenlaufs Kal. 12 hat einen Durchmesser von 20,7 mm; der maximale Gasdruck ist 58 MPa. Für den Werkstoff des Verschlußstifts ist $\sigma_{z \text{ zul}} = 200 \text{ MPa}$ und für den der verlängerten Laufschiene $\sigma_{z \text{ zul}} = 180 \text{ MPa}$. Es ist zu prüfen, ob die Belastungen zulässig sind.

Lösung:

- Verschlußstift

$$\sigma_{z1} = 0,01 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} = 10^{-2} \text{ mm}^{-2} \cdot 20,7^2 \text{ mm}^2 \cdot 58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z1} = 249 \text{ MPa} (\approx 2490 \text{ at})$$

$$200 \text{ MPa} < 249 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z \text{ zul}} < \sigma_{z1}$$

Die Belastung ist unzulässig.

- Verlängerte Laufschiene

$$\sigma_{z2} = 0,007 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^{-2} \cdot 20,7^2 \cdot 58 \text{ MPa}$$

$$= 174 \text{ MPa } (\approx 1740 \text{ at})$$

$$180 \text{ MPa} > 174 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z \text{ zul}} > \sigma_{z2}$$

Die Belastung ist zulässig.

Aufgaben

1. Erläutern Sie die Belastung des Verschußstifts und der verlängerten Laufschiene!
2. Wodurch kann die Scherbelastung des Verschußstifts gering gehalten werden?

3.3.6. Verriegelung durch den Verschußkeil

Die Drehbewegung des Verschußhebels beim Öffnen und Schließen des Gewehrs wird auf die Verschußhebelwelle übertragen, die mit dem Verschußhebel durch einen Vierkant verbunden ist.

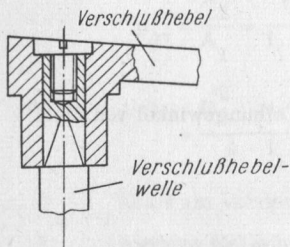


Bild 3.3.11
Schraubenverbindung
„Verschußhebel mit -welle“

Die Drehbewegung wird von der Verschußhebelwelle auf den Verschußkeil übertragen und dabei in eine geradlinige Bewegung umgeformt. Die Verbindung der Verschußhebelwelle mit dem Verschußkeil entspricht der des Verschußhebels mit dem Verschußstift.

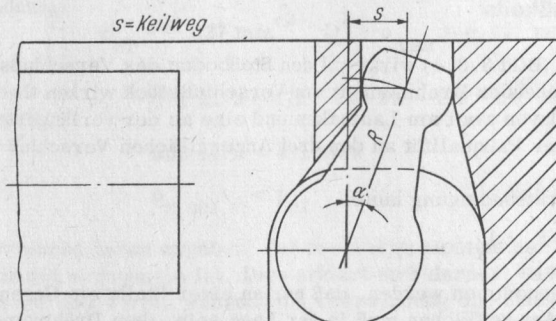
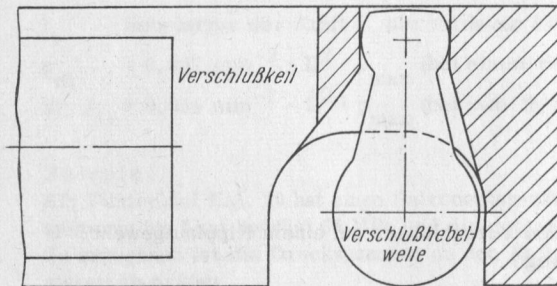


Bild 3.3.12
Verschußhebelwelle mit
Verschußkeil

Berechnung des Verschußkeilwegs

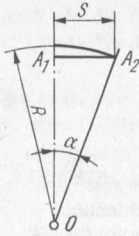


Bild 3.3.13
Weg des Verschußkeils

Im Dreieck OA_1A_2 ist der Keilweg

$$s = R \cdot \sin \alpha.$$

Beispiele

1. Öffnungswinkel = $22,5^\circ$, $R = 9,5 \text{ mm}$. Es ist der Weg des Verschußkeils zu errechnen.

Lösung:

$$s = R \cdot \sin \alpha = 9,5 \text{ mm} \cdot 0,3827$$

$$s = 3,64 \text{ mm}$$

2. Bei einer Neukonstruktion wird ein Keilweg von 4 mm und ein Öffnungswinkel von $21,3^\circ$ veranlagt. Zu errechnen ist der Radius R des Exzentrers.

Lösung:

$$R = \frac{s}{\sin \alpha} = \frac{4 \text{ mm}}{0,3633}$$

$$R = 11 \text{ mm}$$

3. Der Radius R des Exzentrers kann aus konstruktionstechnischen Gründen höchstens 10,2 mm betragen. Es soll ein Keilweg von 3,8 mm erreicht werden. Zu errechnen ist die Größe des Öffnungswinkels des Verschußhebels.

Lösung:

$$\sin \alpha = \frac{s}{R} = \frac{3,8 \text{ mm}}{10,2 \text{ mm}} = 0,3726$$

$$\alpha = 21^\circ 54'$$

Aufgaben

1. Erläutern Sie die Verriegelung durch den Verschußkeil bei einem Kipplaufgewehr!
2. Wie errechnet man den Verschußkeilweg?

3.3.7. Belastung des Verschußkeils

Die vom Gasdruck erzeugte Kraft F (Bild 3.3.4) wirkt auf den Stoßboden des Verschußstücks am Hebelarm 1. Dem dadurch entstehenden Drehmoment am Verschußstück wirken theoretisch drei Drehmomente entgegen, davon zwei am Laufhaken und eine an der verlängerten Laufschiene, so daß bei einwandfreier Paßqualität an den drei Anzugsflächen Verschuß und Lauf fest verbunden bleiben.

Die Gleichung für die Gleichgewichtsbedingung lautet:

$$F \cdot l = F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3.$$

Aus Gründen der Sicherheit muß angenommen werden, daß nur an einer Stelle ein Gegendrehmoment wirkt, d.h., jede der drei Anzugsflächen muß in der Lage sein, dem Drehmoment

$F \cdot l$ entgegenzuwirken, ohne daß dadurch die Elastizitätsgrenze des Werkstoffs überschritten wird.

Für die Berechnung der Belastung des Verschußkeils gilt daher:

$$F \cdot l = F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 = F_3 \cdot l_3.$$

An beiden belasteten Flächen des Verschußkeils entsteht Druckspannung, an der belasteten Fläche der verlängerten Laufschiene Lochleibung und am Verschußstift Scherspannung. Die durch das Drehmoment an der verlängerten Laufschiene auftretenden Belastungen sind wegen des großen Hebelarms kleiner als die im Abschn. 3.3.5. errechneten; sie bleiben deshalb hier unberücksichtigt.

Die Druckbelastung an beiden Keilanzugsflächen des Laufhakens ist unterschiedlich (Bild 3.3.4). Die Druckbelastung am vorderen Keileintritt ist wegen des kürzeren Kraftarms doppelt so groß wie am hinteren Keileintritt:

$$F_1 = A_1 \cdot p_{d1}$$

$$p_{d1} = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F \cdot l}{l_1 \cdot A_1} = \frac{F \cdot l}{l_1 \cdot m \cdot t}$$

$$= \frac{D^2 \cdot \pi \cdot p_{\max} \cdot l}{4 \cdot l_1 \cdot m \cdot t} = \frac{D^2 \cdot 3,14 \cdot p_{\max} \cdot 25 \text{ mm}}{4 \cdot 9 \text{ mm} \cdot 3,5 \text{ mm} \cdot 23 \text{ mm}} ;$$

F_1 Kraft am vorderen Keileintritt (Bild 3.3.4)

A_1 vordere Keileintrittsfläche $A_1 = m \cdot t$

p_{d1} Druckspannung an der vorderen Keileintrittsfläche

F Stoßbodenkraft

l Hebelarme der Stoßbodenkraft

l_1 Hebelarme der Kraft F_1 am vorderen Keileintritt

$p_{d1} = 0,027 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$ (bei einem Schuß)

$2 \cdot p_{d1} = 0,054 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$ (bei zwei Schüssen zugleich).

Beispiel

Ein Flintenlauf Kal. 20 hat einen Patronenlagerdurchmesser von 17,8 mm; die maximale Gasspannung im Lauf beträgt 55 MPa und die zulässige Druckspannung am Laufhaken 300 MPa. Zu errechnen ist die Druckspannung an den Keilanzugsflächen; das Ergebnis ist auf Zuverlässigkeit zu prüfen.

Lösung:

$$p_{d1} = 0,027 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} = 0,027 \text{ mm}^{-2} \cdot 17,8^2 \text{ mm}^2 \cdot 55 \text{ MPa}$$

$$p_{d1} = 471 \text{ MPa} = 471 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 471 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 (\approx 4710 \text{ at})$$

$$300 \text{ MPa} < 471 \text{ MPa}$$

$$p_{z \text{ zul}} < p_{d1}$$

Die Belastung ist nicht zulässig.

Versuche haben ergeben, daß das Abkippmoment am Verschußstück in Wirklichkeit geringer als das errechnete ist. Dies erklärt sich daraus, daß der maximale Gasdruck nur eine sehr kurze Zeit wirkt, während die Überwindung der Massenträgheit länger dauert. Auch das Ab-

kippmoment verringert sich durch die Haftreibung zwischen Laufhaken und Verschußstück sowie am Scharnier. Die Belastung der Keilanzugsflächen ist daher kleiner als die errechnete.

Die Belastungen an den beiden Keilanzugsflächen verhalten sich umgekehrt wie die Abstände der Schwerpunkte der belasteten Flächen von der Scharnierachse, d. h.

$$p_{d1} : p_{d2} = l_2 : l_1.$$

Die hintere Keilanzugsfläche erzielt infolge des großen Abstands von der Scharnierachse bei geringerer Beanspruchung des Werkstoffs die gleiche Wirkung wie die vordere Keilanzugsfläche bei großer Beanspruchung. Daraus ergibt sich für die Praxis die wichtige Schlußfolgerung:

Beim Einpassen des Verschußkeils in die Keilanzugsflächen ist besonderer Wert auf den Anzug der hinteren Keilanzugsfläche zu legen, weil dort die Beanspruchung des Werkstoffs geringer ist als der des vorderen.

Aufgaben

1. Erläutern Sie die Belastung des Verschußkeils!
2. Begründen Sie die unterschiedliche Belastung der beiden Keilanzugsflächen!

3.3.8. Belastung des Scharnierstifts und des Laufhakens

Die Kraft, hervorgerufen durch den Druck der Pulvergase, drückt den Scharnierstift in die Aussparung des Laufhakens. Wie der Verschußstift, so wird hier der Scharnierstift auf Abscheren belastet, und im Laufhaken entsteht Lochleibungsdruck.

Für das Berechnen der Belastungen wird im allgemeinen $3/4$ der Kraft angenommen, weil beim Verschußstift $1/4$ eingesetzt wurde. Es besteht jedoch die Möglichkeit, daß sich der Verschußstift durch die Gleitreibung abnutzt, so daß der Scharnierstift seinen Teil mit aufnehmen muß. Wir setzen daher die Gesamtkraft bei zwei zugleich ausgelösten Schüssen voll ein; es ist dann:

- Scherspannung (bei zwei Schüssen zugleich) = $\frac{2 \cdot \text{Kraft}}{2 \cdot \text{Querschnitt}}$

$$\tau_a = \frac{2 \cdot F}{2 \cdot A} = \frac{F}{A} = \frac{D^2 \cdot \pi \cdot 4}{4 \cdot d^2 \cdot \pi} \cdot p_{\max}$$

$$\tau_a = \frac{D^2}{d^2} \cdot p_{\max} \quad d = 8 \text{ mm (konstant)}$$

$$\sigma_{z \text{ zul}} \geq 1,25 \tau_a \text{ (Tafelwerk)}$$

$$\geq 1,25 \cdot 0,016 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

$$\sigma_{z \text{ zul}} \geq 0,02 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max} \text{ (für zwei Schüsse zugleich)}$$

- Lochleibung (für zwei Schüsse zugleich)

$$p_1 = \frac{2 \cdot F}{\text{projizierte Berührungsfläche}} = \frac{2 \cdot F}{d \cdot m} = \frac{2 \cdot D^2 \cdot \pi \cdot p_{\max}}{4 \cdot d \cdot m}$$

Setzt man für d den konstanten Wert des Scharnierstiftdurchmessers vom 8 mm und für die Laufhakendicke 9 mm ein, erhält man

$$p_1 = 0,022 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Wegen

$$\sigma_{z \text{ zul}} \geq 0,5 p_1 \text{ (Tafelwerk)}$$

ist

$$\sigma_{z \text{ zul}} \geq \frac{0,022 \text{ mm}^{-2}}{2} \cdot D^2 \cdot p_{\text{max}}$$

$$\sigma_{z \text{ zul}} \geq 0,011 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\text{max}}$$

Beispiel

Ein Gewehrlauf hat einen Patronenlagerdurchmesser von 20,7 mm, die maximale Gasspannung beträgt 58 MPa; für den Scharnierstift ist $\sigma_{z \text{ zul}} = 500 \text{ MPa}$ ($\approx 5000 \text{ at}$) und für den Laufhaken = 300 MPa ($\approx 3000 \text{ at}$).

Lösung:

- Scherspannung

$$\sigma_z = 0,02 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\text{max}} = 0,02 \text{ mm}^{-2} \cdot 20,7^2 \text{ mm}^2 \cdot 58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = 497 \text{ MPa} (= 497 \text{ N/mm}^2)$$

$$500 \text{ MPa} > 497 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z \text{ zul}} > \sigma_z$$

Die Belastung ist zulässig.

- Lochleibung

$$\sigma_z = 0,011 \text{ mm}^{-2} \cdot D^2 \cdot p_{\text{max}} = 0,011 \text{ mm}^{-2} \cdot 20,7^2 \text{ mm}^2 \cdot 58 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = 273 \text{ MPa} (= 273 \text{ N/mm}^2)$$

$$300 \text{ MPa} > 273 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z \text{ zul}} > \sigma_z$$

Die Belastung ist zulässig.

Aufgaben

1. Erläutern Sie die Belastung von Scharnierstift und Laufhaken!
2. Aus welchem Werkstoff werden die Verschlusssteile hergestellt?

3.4. Scharnier, Vorderschaft und Schnapper

Den ersten Platz unter den Jagdgewehren nimmt heute das Kipplaufgewehr ein. Der Lauf wird, wenn das Gewehr geladen werden soll, um die Scharnierachse (Scharnierstift) gedreht.



Bild 3.4.1
Bockflinte mit
Seitenschlossen

Der Scharnierstift ist ein wichtiger Teil des Verschlusses, weil die beim Schuß auftretende Kraft in Richtung der Seelenachse auf ihn übertragen wird; er ist im Verschußstück befestigt und gleitet beim Abkippen des Laufs in einer entsprechenden Aussparung des Laufhakens. Auf das Einpassen des Scharnierstifts in diese Aussparung wird größte Sorgfalt gelegt (Bild 3.4.2); geringe Paßqualität hat Abziehen des Laufs vom Verschußstück zur Folge. Zwischen den beiden Stoßböden entsteht dann ein Spiel, das ein Reißen der Patronenhülse beim Schuß verursachen kann.

Die linke Hälfte des Scharniers wird von der Scharnierfläche des Verschußstücks und der des Vorderschafts gebildet, die rechte Hälfte vom Scharnierstift und dem vorderen Laufhaken.

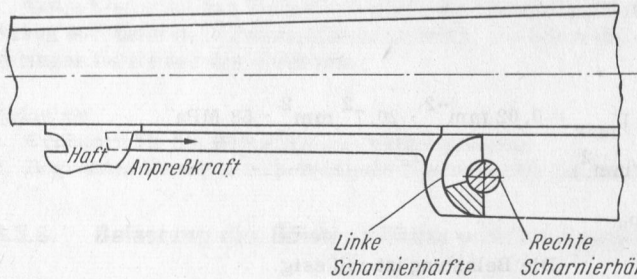


Bild 3.4.2
Scharnier eines
Kipplaufgewehrs

Der Vorderschaft wird mit seiner Scharnierfläche beim Aufsetzen auf den Lauf von der Anzugsfläche am Haft gegen die Scharnierfläche des Verschußstücks gepreßt; dadurch wird auch der Scharnierstift in die Lagerstelle des vorderen Laufhakens gedrückt.

Der Schnapper verbindet den Vorderschaft mit dem Lauf.

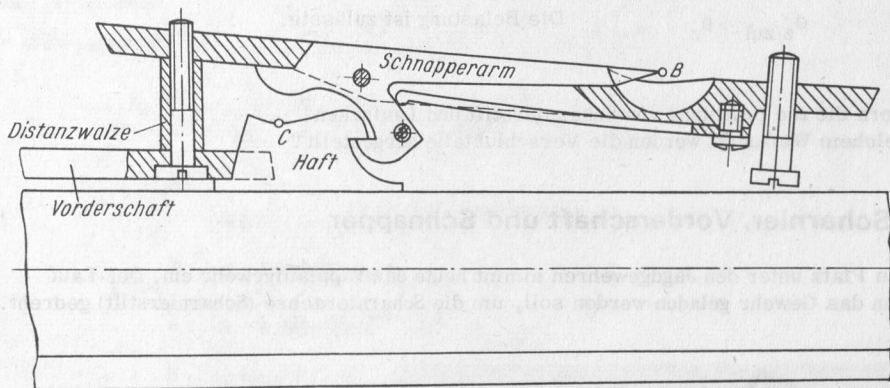


Bild 3.4.3. Vorderschaft mit Schnapper

Der Schnapperarm ist mit seiner Anzugsfläche an die des Haftes gepreßt; dadurch ist der Vorderschaft mit dem Lauf verbunden. Das Lösen der Verbindung erfolgt derart, daß mit dem Zeigefinger der rechten Hand der Schnapperarm bei Punkt B (Bild 3.4.3) um seine Achse gedreht wird. Bei einer Drehung von etwa 20° (Bild 3.4.4) verläßt die Anzugsfläche des Schnapperarms den Haft; im gleichen Augenblick berührt der kurze Schenkel des Schnapperarms den Haft bei Punkt C. Durch Weiterdrehen wird der Vorderschaft vom Lauf abgehoben; die Verbindung ist gelöst.

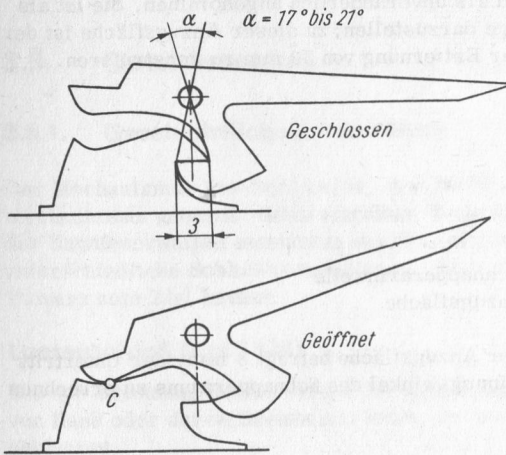


Bild 3.4.4
Schnapperarm und Haft

Grundsätze für die Konstruktion des Schnappers sind folgende:

- Der Schnapper ist mit dem Vorderschaft durch eine Zylinderschraube und eine Distanzwalze so zu verbinden, daß er sich der Form des Holzvorderschafts anpaßt (Bild 3.4.3).
- Die richtige Lage der Anzugsfläche ist zu gewährleisten. Dazu muß das Lot, gefällt von der Schnapperarmwelle auf die Anzugsfläche, durch den Schwerpunkt – das ist in diesem Fall der Mittelpunkt der Anzugsfläche – gehen (Bild 3.4.5 b).
- Die Größe des Eintritts des Schnapperarms in den Haft, in der Praxis „Übertritt“ genannt, soll 2,5 ... 3 mm betragen (Bild 3.4.4). Von diesem Maß ist der Öffnungswinkel des Schnapperarms abhängig.

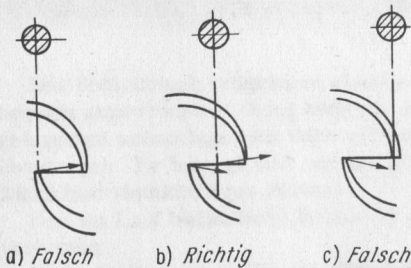


Bild 3.4.5
Lage der Schnapperarmwelle

Das Einhalten der ersten beiden Grundsätze bewirkt, daß ein einwandfreies Öffnen und Schließen der Verbindung sowie eine ausreichende Anzugskraft erreicht werden. Die Wirkungslinie der Anzugskraft verläuft bei dieser Anordnung (Bild 3.4.5 b) durch die Schnapperarmwelle und übt auf den Schnapperarm wegen des Fehlens eines Hebelarms kein Drehmoment aus.

Beispiele

1. Die Anzugsfläche des Haftes von 16 mm ist in einer Entfernung von 30 mm in richtiger Lage. Es ist der Mittelpunkt der Schnapperarmwelle durch den Mittelpunktkreis darzustellen; jedoch ist weder waagerecht noch senkrecht zu zeichnen.

Lösung:

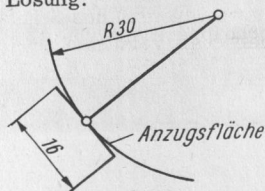


Bild 3.4.6
Mittelpunkt der Schnapperarmwelle
durch den Mittelpunktkreis

2. Die Lage der Anzugsfläche des Haftes wird als unveränderlich angenommen. Sie ist als eine 20 mm lange Gerade in beliebiger Lage darzustellen; zu dieser Anzugsfläche ist der Mittelpunkt der Schnapperarmwelle in einer Entfernung von 30 mm zu konstruieren.

Lösung:

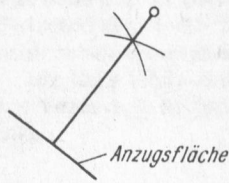


Bild 3.4.7

Mittelpunkt der Schnapperarmwelle
als Gerade zur Anzugsfläche

3. Der Abstand der Schnapperarmwelle von der Anzugsfläche beträgt 8 mm, der Untertritt des Schnapperarms 2,5 mm. Es ist der Öffnungswinkel des Schnapperarms zu errechnen (Bild 3.4.4).

Lösung:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{U}{2 \cdot a} = \frac{2,5 \text{ mm}}{2 \cdot 8 \text{ mm}} = 0,1563$$

$$\frac{\alpha}{2} = 8^\circ 54'$$

$$\alpha \approx 18^\circ$$

4. Bei gleichem Abstand der Schnapperarmwelle beträgt der Untertritt 3 mm. Es ist zu ermitteln, um wieviel Grad sich der Öffnungswinkel vergrößert (drittes Beispiel).

Lösung:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{3 \text{ mm}}{2 \cdot 8 \text{ mm}} = 0,1875$$

$$\frac{\alpha}{2} = 10^\circ 36'$$

$$\alpha = 21^\circ 12'$$

$$\text{Differenz} = 21^\circ 12' - 18^\circ$$

$$\text{Differenz} = 3^\circ 12'$$

Aufgaben

1. Erklären Sie die Aufgabe des Scharniers am Kipplaufgewehr!
2. Weshalb muß der Scharnierstift besonders sorgfältig in die Aussparung des vorderen Laufhakens gepaßt sein?
3. Nennen Sie die Konstruktionsgrundsätze für das Verbinden des Vorderschafts mit dem Lauf durch den Schnapper!
4. Aus welchem Grund ist die Verbindung weder zu öffnen noch zu schließen, wenn das Lot außerhalb der Anzugsfläche verläuft (Bild 3.4.5 a)?
5. Begründen Sie die Unbrauchbarkeit der Konstruktion Bild 3.4.5 c!
6. Erläutern Sie das Abhängigkeitsverhältnis der drei Größen: Öffnungswinkel des Schnapperarms, Untertritt des Schnapperarms unter den Haft, Abstand der Schnapperarmwelle von der Anzugsfläche!
7. Welches Maß muß geändert werden, wenn bei gleichem Untertritt der Öffnungswinkel kleiner oder größer werden soll?
8. Messen Sie an einem fertigen System den Öffnungswinkel des Schnapperarms!

3.5. Gewehrschloß

3.5.1. Geschichtliche Entwicklung

Der Mechanismus am Jagdgewehr, der die Verbrennung des Pulvers einleitet, wird Schloßmechanismus genannt. Seine einzelnen Teile heißen Schloßteile. Im Verlauf der Entwicklung der Handfeuerwaffen entstanden aus dem ersten Gewehrschloß, dem Luntenschloß, zahlreiche unterschiedliche Schloßkonstruktionen, die jeweils eine Verbesserung des Zündvorgangs des Pulvers zum Ziel hatten.

Luntenschloß (um 1420)

Bis zur Erfindung dieses ersten Gewehrschlusses wurde das Pulver durch glimmende Lunte von Hand oder durch Drehen entzündet. Im gespaltenen Hahn wurde die glimmende Lunte festgeklemmt.

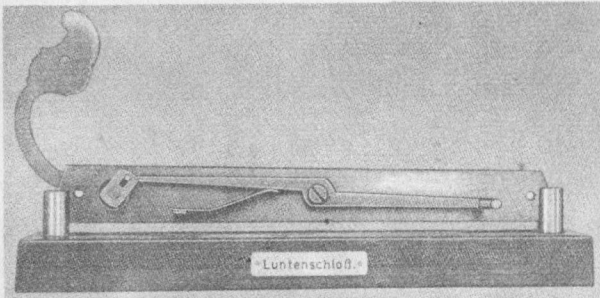


Bild 3.5.1
Luntenschloß

Das Schloßblech trägt innen einen zweiseitigen Hebel. Bei Abgabe des Schusses wird ein bequem angeordneter Abzug betätigt. Auf der anderen Seite ist der Hebel mit dem drehbar gelagerten außenliegenden Hahn verbunden. Die Drehbewegung des Hebels wird auf den Hahn übertragen. Er bewegt sich mit der glimmenden Lunte zur Pfanne und entzündet dort das Zündkraut (feinkörniges Pulver).

Das im Lauf befindliche Pulver ist mit dem Zündkraut durch den Zündkanal verbunden und verbrennt.

Diese Erfindung stellte eine Erleichterung für den Schützen dar, der nun die glimmende Lunte nicht mehr in der Hand zu halten brauchte.

Radschloß (um 1517)

Die rasche gesellschaftliche und technische Entwicklung nahm auch Einfluß auf die Waffenkonstruktionen. Die Fähigkeit der damaligen Büchsenmacher, den Ablauf technischer Vorgänge vorauszubestimmen sowie die Wirkungen von Kräften zu erkennen und zu verwerten,

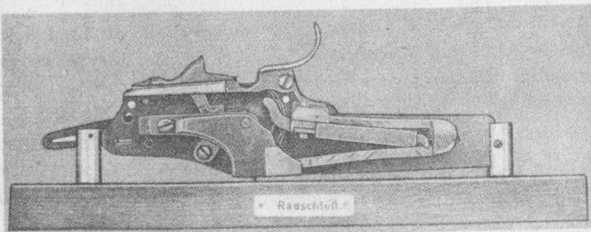


Bild 3.5.2
Radschloß

führte zur Konstruktion des Radschlusses. Der Konstruktion, die wahrscheinlich von dem Nürnberger Büchsenmacher Johann Kiefuß stammt, liegt der Gedanke zugrunde, den Zündvorgang mit Funken anstatt mit glimmender Lunte einzuleiten.

Ein Feuerstein, auch Flint genannt (Schwefelkies, FeS_2), wird durch eine Feder auf die geriffelte Mantelfläche des Rades gedrückt. Eine zweite, sehr starke Feder, die vorher durch Drehen des Rades mit Hilfe einer Kurbel gespannt werden muß, dreht das Rad bei Abgabe des Schusses schnell zurück. Zwischen Rad und Feuerstein werden während der Drehbewegung Funken erzeugt, die Zündkraut und Pulver entzünden. Einen anschaulichen Vergleich hierzu bildet das Feuerzeug mit dem Rädchen und dem Feuerstein, bei dem der Brennstoff durch Funken entzündet wird.

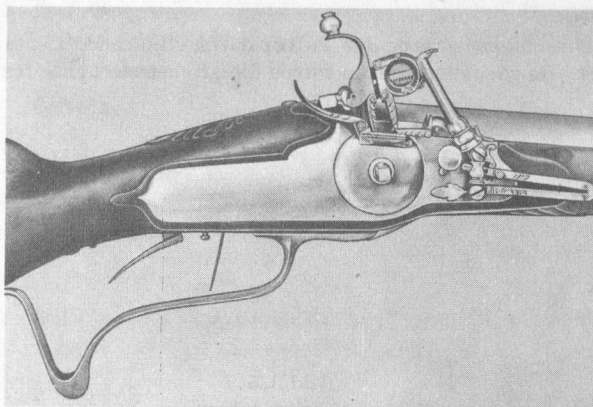


Bild 3.5.3
Radschloßgewehr mit
Nadelstecher

Auch dem Radschloß hafteten Unzulänglichkeiten an, deren Beseitigung ein lohnendes Ziel für den Erfindergeist der Büchsenmacher war.

Spanisches und holländisches Schnapphahnschloß (um 1600)

In Spanien wurde ein Gewehrshloß bekannt, bei dem der Feuerstein entlang einer Reibfläche bewegt wird; dabei entstehen die zum Entzünden des Zündkrauts erforderlichen Funken.

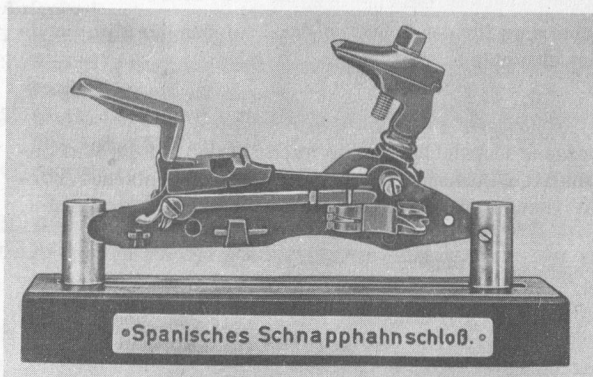


Bild 3.5.4
Spanisches Schnapphahnschloß

Die Bezeichnung „Schnapphahn“ stammt wahrscheinlich von den Marodeuren, die auch Schnappphähne genannt wurden. Bei ihnen wurde dieses Schloß zuerst gefunden. Es ist einfacher und funktionssicherer als das Radschloß.

Vor Abgabe eines Schusses wird der Feuerstein in das „Maul“ geklemmt, das Pulver in die Pfanne geschüttet und die Reibfläche auf die Pfanne gedreht (Bild 3.5.5). Dann wird die

starke Feder durch Zurückdrehen des Hahns gespannt. Aus dem Schloßblech tritt eine Flachstahlstütze heraus, auf die sich der Hahnfuß stellt.

Zum Schuß wird der Abzug gedreht und die Flachstahlstütze ins Schloßblech zurückgezogen. Der Hahn schlägt mit dem Feuerstein gegen die Reibfläche, die drehbar gelagert ist. Die Reibfläche wird durch die schlagartige Wirkung zurückgedreht und gibt das Zündkraut frei, das sie vorher verdeckt hält.

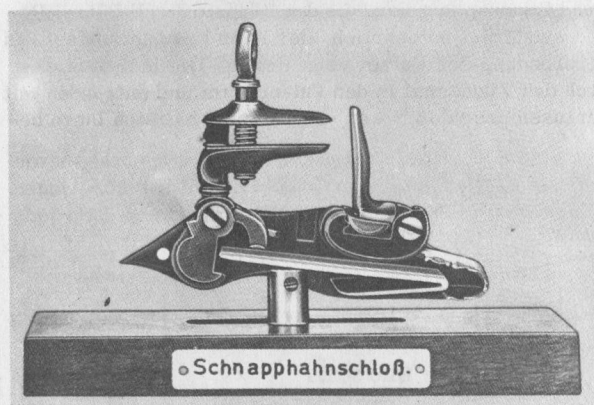
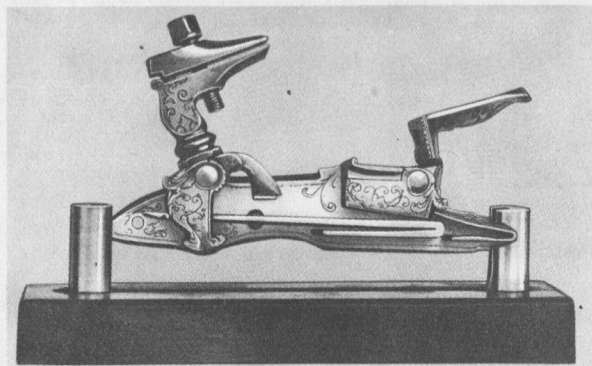


Bild 3.5.5
Schnapphahnschlösser

Das holländische Schnapphahnschloß wurde zur gleichen Zeit wie das spanische bekannt. Es unterscheidet sich vom spanischen nur dadurch, daß bei ihm die Federn innen liegen.

Französisches Batterieschloß (um 1640)

Die Schnapphahnschlösser fanden nicht den Anklang, den man ihrer Vorzüge wegen hätte erwarten können. Dafür bildeten sie aber eine wichtige Grundlage für die nächste Entwicklungsstufe.

In Frankreich wurde ein Schloß hergestellt, dessen Elemente in wenig abgewandelter Form noch in den heute gebräuchlichen Seitenschlössen anzutreffen sind. Es wurde „französisches Batterieschloß“ genannt. Die Reibfläche ist die Batterie. Während das Zündprinzip dem des Schnapphahnschlössers entspricht, ist der Schloßmechanismus wesentlich verbessert.

Das Spannen der Feder erfolgt durch Drehen des Hahns. Auf der Achse des Hahns ist innen die sogenannte Nuß befestigt, auf deren Gleitfläche der frei bewegliche Federschenkel ruht. Der Hahn wird im gespannten Federzustand erstmalig durch eine Abzugstange gehalten, die

in eine Rast der Nuß eintritt. Der Schuß wird ausgelöst, wenn durch Drehen des Abzugs die Abzugstange aus der Nußrast gehoben wird. Hahn- und Stangenwelle sind im Schloßblech gelagert. Das ursprüngliche französische Batterieschloß war etwa zwei Jahre im Gebrauch.

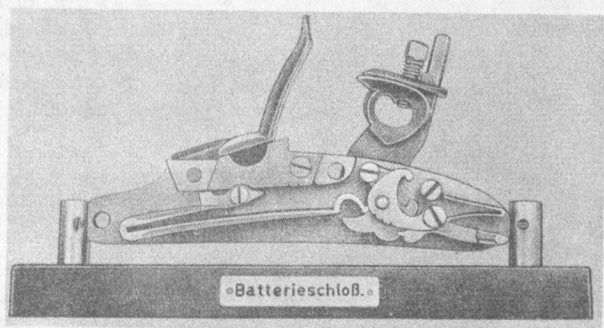


Bild 3.5.6
Batterieschloß

Perkussionsschloß (um 1800)

1786 fand der französische Chemiker Berthollet, daß Kaliumchlorat (KClO_3), vermischt mit Schwefel und Kohle, ein Pulver ergibt, welches sich schon durch geringes Aneinanderreiben der Pulverkörnchen entzündet. Bei der Verbrennung entstehen heiße Stichflammen. Berthollet stellte Zündblättchen, Zündpillen und Zündkapseln her, die den Zündstoff enthielten. Dadurch wurden Feuerstein, Batterie und Zündkraut entbehrlich. Der Hahn braucht nur auf das Zündblättchen zu schlagen, um die Verbrennung des Pulvers einzuleiten. Die heißen Stichflammen der Zündmasse schlagen durch den Zündkanal in den Pulverraum und entzünden mit großer Sicherheit das Pulver. Das Perkussionsschloß¹⁾ war erfunden und hat sich lange bewährt.

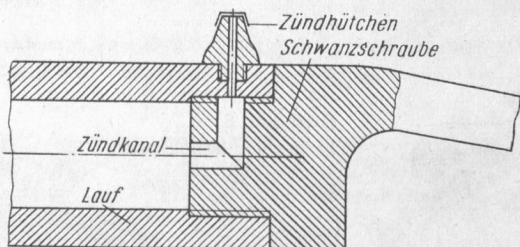


Bild 3.5.7
Prinzip der
Perkussionszündung

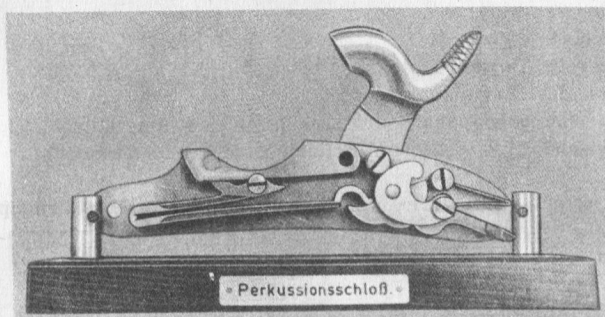
Das Schloßinnere brauchte dazu gegenüber dem des Batterieschlusses nicht verändert zu werden. Das Maul des Hahns entfiel, und an dessen Stelle trat eine ebene Fläche zum Aufschlagen auf das Zündhütchen.

Zwischen freiem Federschenkel und Nuß ist ein Verbindungselement, die Kette, eingebaut. Dadurch wird die Reibung vermindert, die zwischen Feder und Spannfläche auftritt; die Feder läßt sich leicht spannen.

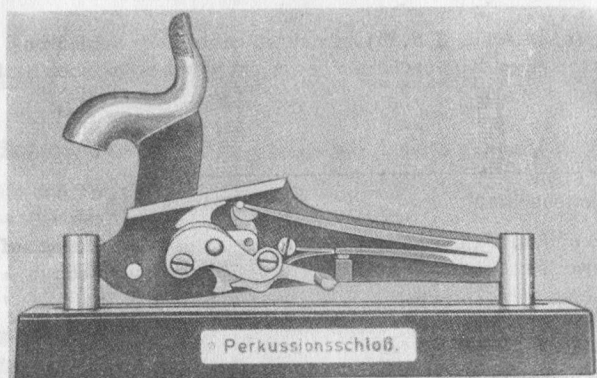
Hahnschloß (um 1840)

In den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts verwirklichte Nikolaus v. Dreyse einen genialen Gedanken. Er vereinigte Zündmasse, Pulver und Geschöß in einer Papierhülle zu einer Einheit. Die Patrone war erfunden und die Möglichkeit geschaffen, das Gewehr von hinten mit

¹⁾ Perkussion, lat. = Schlag



a)



b)

Bild 3.5.8
Perkussionsschloß
a) älteres
b) verbessertes

vorher fertiggestellten Patronen zu laden. Die ersten Patronen wurden Einheitspatronen genannt. Aus den Papierhüllen wurden im Verlauf der Entwicklung Papp- und Metallhülsen, aber auch kombinierte Papp-Metall- bzw. Plast-Metall-Hülsen.

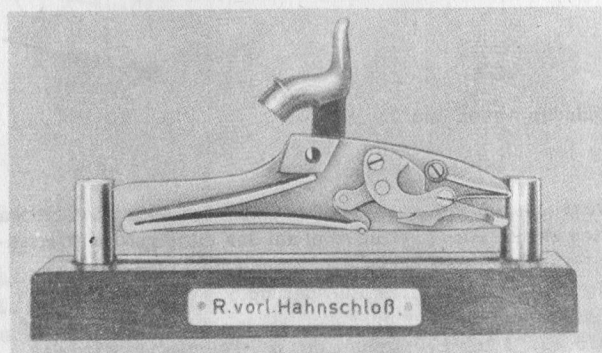


Bild 3.5.9
Hahnschloß

Zum Entzünden des im Zentrum des Patronenbodens angeordneten Zündhütchens wird ein Bolzen benutzt; er ragt mit einem Ende aus dem Verschlußstück heraus. Der Hahn schlägt auf den Bolzen, der dadurch eine Mulde in das Zündhütchen schlägt und die Zündmasse entzündet. Die heißen Stichflammen dringen in den Pulverraum, so daß das Pulver verbrennt.

Nach diesem Vorgang springt der Hahn einige Millimeter zurück; der Bolzen wird durch eine kleine Feder zurück bewegt. Das Hahnschloß gilt als Vorläufer des modernen Seitenschlusses.

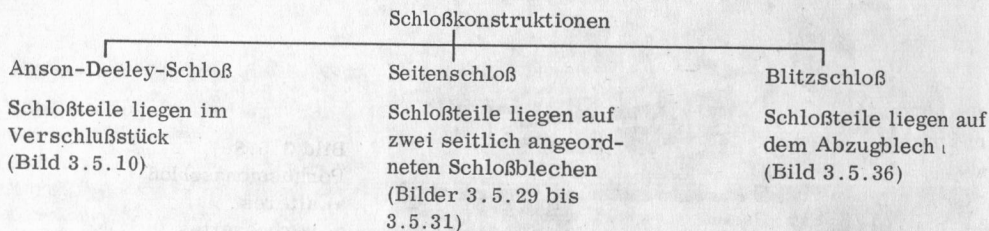
Aufgaben

1. Welche Aufgabe hat das Gewehrschloß?
2. Begründen Sie die Erfindung des ersten Gewehrschlusses!
3. Beschreiben Sie die Wirkungsweise des Luntenschlusses!
4. Nennen Sie die Vorteile des spanischen Schnapphahnschlusses gegenüber dem Radschloß!
5. Erläutern Sie den Unterschied zwischen französischem Batterieschloß und spanischem Schnapphahnschloß!
6. Von welchem Schloß wurde das französische Batterieschloß abgelöst, und welches Prinzip lag dem neuen Schloß zugrunde?
7. Beschreiben Sie Aufbau und Wirkungsweise des Hahnschlusses!

3.5.2. Moderne Schloßkonstruktionen (Kipplaufgewehre)

3.5.2.1. Überblick

Im weiteren Verlauf der Entwicklung (s. Abschn. 3.5.1.) entstanden zahlreiche Schloßkonstruktionen, von denen drei wegen ihrer guten Eigenschaften bevorzugt wurden und noch heute verwendet werden.



Gegenüber älteren Schloßkonstruktionen besteht ein besonderer Vorzug dieser Schlosse im automatischen Spannen der Schlagfedern beim Öffnen des Gewehrs. Die Drehbewegung des Laufs wird auf den Schloßmechanismus und die Schlagfedern übertragen, so daß dem Schützen das Drehen des Hahns mit der Hand erspart bleibt. Gewehre mit diesen Schlössen heißen Selbstspanngewehre. Vielfach werden sie auch als „hammerless“ (engl. „hahnlos“) bezeichnet, weil die bisher üblichen außenliegenden Hähne durch innenliegende Schlagstücke ersetzt sind.

3.5.2.2. Anson-Deeley-Schloß

Dieses Schloß erfanden 1875 die Engländer Anson und Deeley.

Wirkungsweise

Die kreisförmige Bewegung des Gewehrlaufs beim Öffnen des Gewehrs wird vom Vorderschaft über den im Verschlußstück gelagerten zweiarmigen Spannhebel auf das Schlagstück übertragen (Bild 3.5.10).

Der bewegliche Schenkel der Schlagfeder ruht in einer Aussparung des Schlagstücks. Er bewegt sich beim Drehen des Schlagstücks so, daß der Schenkelabstand verkleinert und die Feder dadurch gespannt wird (Bild 3.5.12). Nach Beendigung des Spannvorgangs wird das Schlagstück von der Abzugstange festgehalten (Bild 3.5.15), bis der Schuß abgegeben werden soll. Durch eine kleine Kraft am Abzug wird die Arretiervorrichtung ausgeschaltet, und die Federkraft versetzt das Schlagstück in eine beschleunigte, kreisförmige Bewegung. Infolge der ihm innewohnenden Bewegungsenergie ist es in der Lage, die Entzündungsarbeit am Zündbolzen zu verrichten, indem es mit seiner Spitze auf das Zündhütchen der Patrone schlägt.

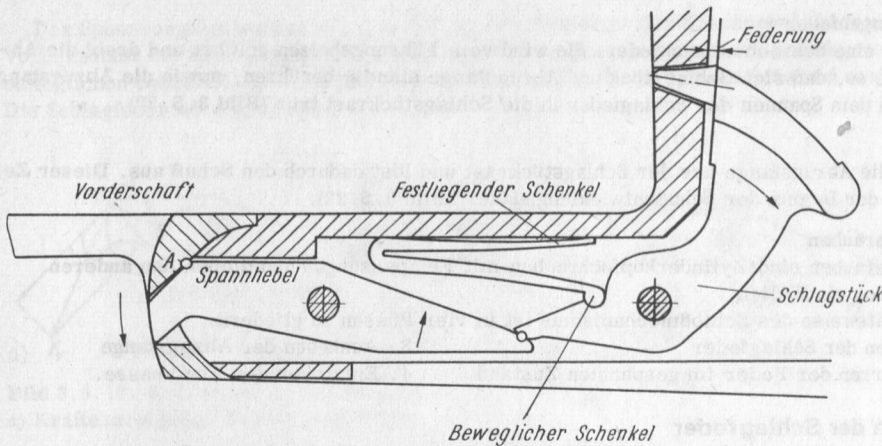


Bild 3.5.10. Schnitt durch das Anson-Deeley-Schloß (Schlagfeder entspannt)

Schloßteile und ihre Aufgaben

Zu den Teilen des Anson-Deeley-Schlusses gehören:

- der Spannhebel
- das Schlagstück
- die Schlagfeder
- die Abzugstange
- die Abzugstangenfeder
- der Abzug
- Schloßschrauben.

Spannhebel

Dieser Hebel überträgt die kreisförmige Bewegung des Vorderschafts auf das Schlagstück, wodurch die Schlagfeder gespannt wird (Bild 3.5.11).

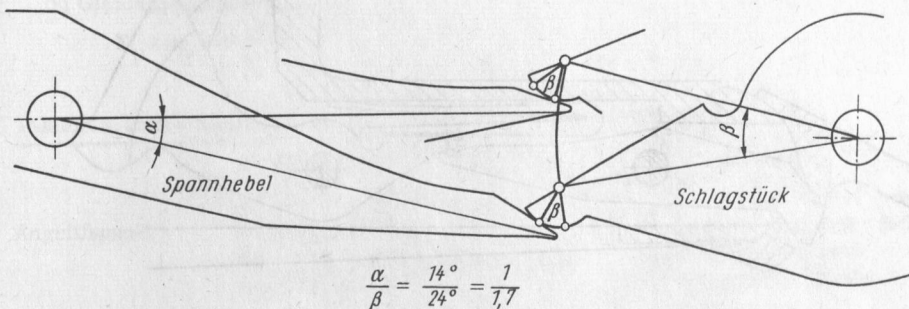


Bild 3.5.11. Bewegungsübertragung vom Spannhebel zum Schlagstück

Schlagstück

Es spannt die Schlagfeder unmittelbar durch Verkleinern des Schenkelabstands und verrichtet die Entzündungsarbeit beim Aufschlagen mit der Spitze auf das Zündhütchen.

Schlagfeder

Es ist eine Bugfeder, die die Spannarbeit in Feder- und Bewegungsenergie (kinetische Energie) umwandelt und sie auf das Schlagstück überträgt. Die Bezeichnung „Bugfeder“ ist vom Biegevorgang beim Herstellungsprozeß abzuleiten.

Abzugstange

Sie tritt mit ihrer Rast in die Schlagstückrast und hält das Schlagstück in der gespannten Federstellung bis zum Augenblick des Auslösens fest (Bild 3.5.22).

Abzugstangenfeder

Diese ist eine Schraubendruckfeder. Sie wird vom Führungsbolzen geführt und dreht die Abzugstange so, daß sich Schlagstück und Abzugstange ständig berühren, sowie die Abzugstangenrast nach dem Spannen der Schlagfeder in die Schlagstückrast tritt (Bild 3.5.22).

Abzug

Er hebt die Abzugstange aus der Schlagstückrast und löst dadurch den Schuß aus. Dieser Zeitpunkt ist der Beginn der Schußentwicklungsdauer (Bild 3.5.22).

Schloßschrauben

Diese Schrauben sind Zylinderkopfschrauben mit Feinpassungen und dienen den anderen Schloßteilen als Wellen.

Die Arbeitsweise des Schloßmechanismus ist in vier Phasen zu gliedern:

1. Spannen der Schlagfeder
2. Verharren der Feder im gespannten Zustand
3. Ausheben der Abzugstange
4. Entzünden der Zündmasse.

Spannen der Schlagfeder

Der Spannhebel tritt in eine entsprechende Aussparung des Vorderschafts und liegt vor Beginn des Spannvorgangs bei A an (Bild 3.5.10).

Das Schlagstück ist vom Spannhebel bereits um etwa 1° zurückgedreht und aus dem Zündhütchen gehoben. Dadurch läßt sich das Gewehr frei öffnen, und das Schlagstück wird beim Öffnen vom Spannhebel sofort zurückgedreht. In der Fachsprache wird das Zurückdrehen des Schlagstücks durch den Spannhebel vor Beginn des Spanns als „Federung“ bezeichnet. Diese Federung ist auf das Durchbiegen des Spannhebels beim Auftreffen des Schlagstücks zurückzuführen.

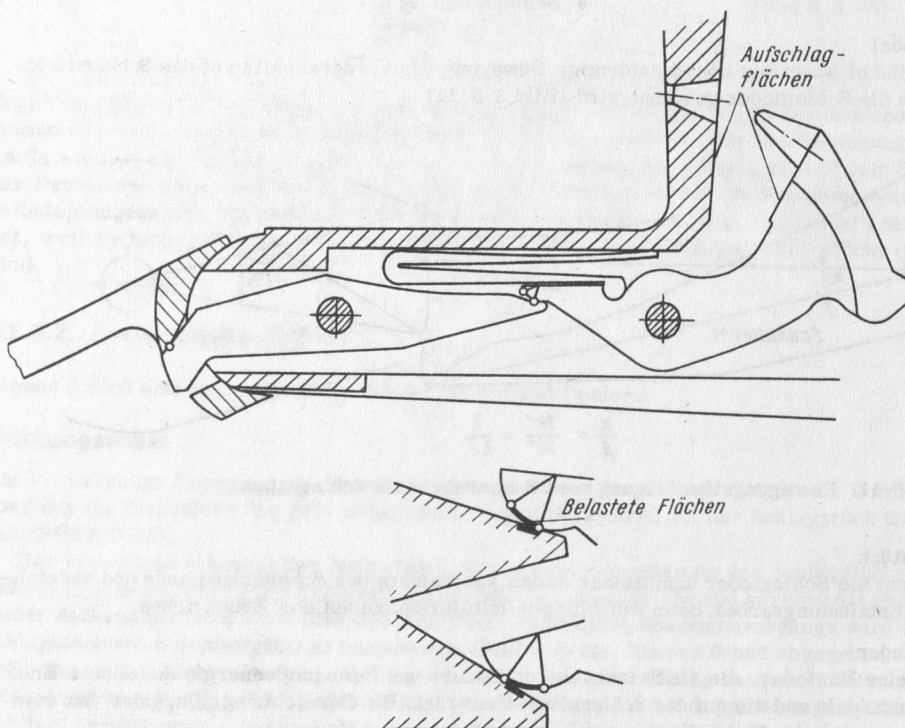


Bild 3.5.12. Spannen der Schlagfeder

Der Spannvorgang beginnt mit dem Öffnen des Gewehrs. Der Spannhebel übernimmt vom Vorderschaft die kreisförmige Bewegung und überträgt sie auf das Schlagstück, welches den beweglichen Schenkel der Schlagfeder so bewegt, daß sich der Schenkelabstand verkleinert. Die Schlagfeder wird gespannt.

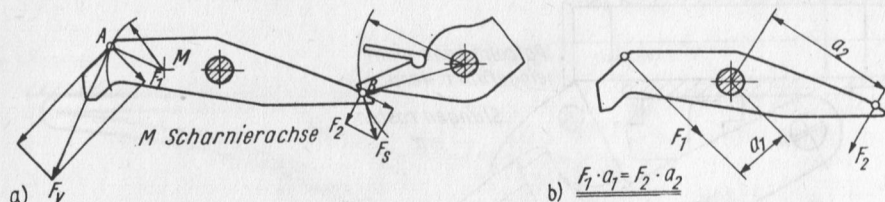


Bild 3.5.13. Kräfte am Spannhebel
a) Kräftezerlegung; b) Kraftwirkungen

Bild 3.5.12 zeigt das Schloß nach erfolgter Bewegungsübertragung. Die Schlagfeder ist gespannt. Während des Spannvorgangs werden die Gleitflächen am Vorderschaft, Spannhebel und Schlagstück belastet. Bild 3.5.13 b zeigt außerdem die belasteten Flächen des Spannhebels und des Schlagstücks. An diesen Stellen werden sie zwecks Verschleißminderung gehärtet.

Das Übersetzungsverhältnis zwischen Spannhebel und Schlagstück richtet sich nach der Größe der erforderlichen Zündenergie. Die potentielle Energie der Schlagfeder wird in kinetische Energie des Schlagstücks umgewandelt, so daß beim Auftreffen auf das Zündhütchen das Schlagstück die Zündenergie übertragen kann.

Der Spannhebel ist ein zweiarmiger Hebel. Auf der einen Seite wirkt die Vorderschaftskraft F_V , auf der anderen Seite die Schlagstückkraft F_S (Tafel 3.5.1 und Bild 3.5.13 a). Die parallel zur Angriffsfläche wirkende Kraftkomponente beeinflusst die Bewegungsübertragung nicht.

Im Gleichgewichtszustand gilt

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

Tafel 3.5.1. Merkmale und Wirkungen der Kräfte am Spannhebel

	Vorderschaftskraft F_V	Schlagstückkraft F_S
Angriffspunkt	Schwerpunkt A der Berührungsfläche des Vorderschafts mit dem Spannhebel (Bild 3.5.12)	Schwerpunkt B der Berührungsfläche des Spannhebels mit dem Schlagstück (Bild 3.5.13 a)
Richtung	tangential zu dem Kreis, der durch den Angriffspunkt geht, mit dem Mittelpunkt auf der Achse des Vorderschafts (Scharnierachse M)	Schlagstückwelle
Größe	abhängig von der Federkraft und den entsprechenden Hebelarmen	
Wirkung	nicht senkrecht zur Angriffsfläche, sondern in zwei Komponenten (Bild 3.5.13) Drehmoment auf den Spannhebel: $M_d = F_1 \cdot a_1$	Drehmoment auf den Spannhebel: $M_d = F_2 \cdot a_2$

Nachdem die Feder gespannt ist, tritt die Abzugstangenrast in die Rast des Schlagstücks. Das Schloß befindet sich jetzt im Ruhezustand. Sehr wichtig ist der richtige Zeitpunkt des Einrastens.

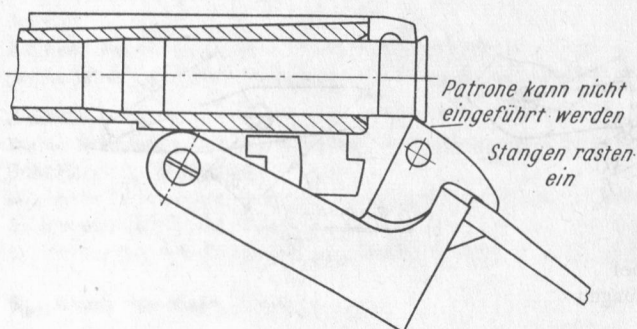


Bild 3.5.14
Zeitpunkt des Einrastens

Befindet sich eine Patrone vor dem Einrasten im Patronenlager, so kann sich das Schlagstück beim Schließen des Gewehrs ungehindert zum Zündhütchen bewegen und den Schuß auslösen. Das bedeutet eine schwere Gefährdung des Schützen und seiner Umgebung.

Das Einrasten muß erfolgen, bevor die Patrone in das Patronenlager eingeführt werden kann (Bild 3.5.14). Nach dem Einrasten muß sich das Gewehr noch um etwa $1 \dots 2^\circ$ weiter öffnen lassen. Dadurch wird das Schlagstück ebenfalls weitergedreht. Zwischen Schlagstück- und Abzugstangenrast entsteht ein kleiner Abstand, der in der Fachsprache „Überzug“ (Bild 3.5.15) genannt wird. Seine Größe ist von der Schloßkonstruktion abhängig. Der Überzug garantiert ein vollkommenes Einrasten und bannt die Gefahr des ungewollten Auslösens eines Schusses.

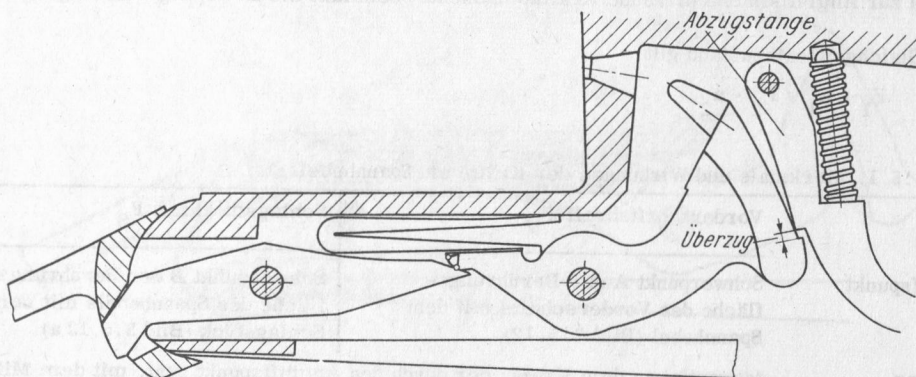


Bild 3.5.15. Anson-Deeley-Schloß, gespannt, mit Überzug

Das Schlagstück ist ein einarmiger Hebel, an dem die Federkraft und die Spannhebelkraft angreifen. Die von ihm erzeugten Drehmomente sind im Gleichgewichtszustand gleich groß.

Spannarbeit und Federenergie

Die zum Spannen der Schlagfeder erforderliche Arbeit entspricht der Summe aus Federenergie und Verlustenergie. Letztere entsteht durch Reibung und Verformung. Die Größe der Federenergie kann durch einen Versuch ermittelt werden (Bild 3.5.25).

Die Feder wird zunächst mit der Vorspannkraft F_1 belastet (Bild 3.5.16). Durch weitere Belastung legt der bewegliche Schenkel den Spannweg s zurück, der aus der Konstruktion des Schlosses bekannt ist. Die Kraft F_2 wirkt am Ende des Spannvorgangs. Die Größe der Spann-

arbeit ist das Produkt aus dem arithmetischen Mittel beider Kräfte und dem Spannweg. Wird die Verlustenergie, die verhältnismäßig gering ist, vernachlässigt, so gilt (Bild 3.5.16)

$$W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot s.$$

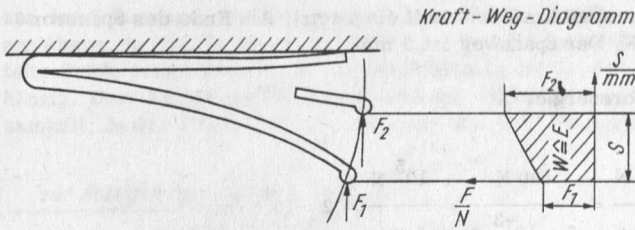


Bild 3.5.16
Spannarbeit und
Federenergie

Beispiel

Die Schlagfeder eines Anson-Deeley-Schlusses wird mit einer Vorspannkraft von 100 N eingesetzt. Der Spannweg ist 4 mm. Durch Versuch wurde am Ende des Spannvorgangs eine Kraft von 200 N gemessen. Es ist die Federenergie zu errechnen.

Lösung:

$$W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot s = \frac{(100 + 200) \text{ N} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2} = 0,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W = 0,6 \text{ J (Joule)}$$

Die Belastung der Feder darf nur im Belastungsbereich der Proportionalität (Hookesches Gesetz) erfolgen. In diesem Bereich verhält sich der Spannweg proportional zur Spannkraft. Das bedeutet: Bei ein und derselben Feder ist die Kraftsteigerung je Millimeter Spannweg die gleiche.

Das Verhältnis der Kraftsteigerung zum Spannweg wird Richtgröße, Federkonstante oder Direktionskraft D genannt.

$$D = \frac{F_2 - F_1}{s}$$

Wird die Gleichung nach s umgestellt, so ergibt sich durch Einsetzen in die Energiegleichung eine Gleichung für das Berechnen der Federenergie, die anstelle des Spannwegs die Richtgröße enthält:

$$s = \frac{F_2 - F_1}{D}$$

$$W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot s$$

$$W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot \frac{F_2 - F_1}{D}$$

$$W = \frac{F_2^2 - F_1^2}{2D}$$

Beispiele

1. Die Richtgröße einer Schlagfeder ist 26 N/mm. Die Vorspannkraft war bei einem Versuch 90 N, die Kraft am Ende des Spannvorgangs 150 N. Zu errechnen ist die Energie der Feder.

Lösung:

$$W = \frac{F_2^2 - F_1^2}{2 \cdot D} = \frac{(150^2 - 90^2) \text{ N}^2}{2 \cdot 26 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}} = \frac{14400}{52 \cdot 10^3} \text{ N} \cdot \text{m} = 0,277 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W = 0,277 \text{ J (Joule)}$$

2. Eine Feder wird mit einer Vorspannkraft von 80 N eingesetzt. Am Ende des Spannvorgangs ist die Spannkraft 180 N. Der Spannweg ist 5 mm.

Zu errechnen sind

a) die Richtgröße; b) die Federenergie.

Lösung:

$$\text{a) } D = \frac{F_2 - F_1}{s} = \frac{(180 - 80) \text{ N}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \frac{100 \text{ N}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \frac{10^5 \text{ N}}{5 \text{ m}} = 2 \cdot 10^4 \text{ N/m}$$

$$D = 20\,000 \text{ N/m}$$

$$D = 20 \text{ N/mm}$$

$$\text{b) } W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot s = \frac{(180 + 80) \text{ N} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2} = 0,65 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W = 0,65 \text{ J (Joule)}$$

3. Mit einem Federprüfapparat wurde die Richtgröße mit 18 N/mm ermittelt. Die Feder soll eine Energie von 550 N · mm erhalten. Die Vorspannkraft ist 100 N. Es ist der Spannweg zu errechnen.

Lösung:

$$s = \frac{F_2 - F_1}{D}$$

$$F_2^2 = 2 \cdot W \cdot D + F_1^2$$

$$s = \frac{(173 - 100) \text{ N}}{18 \text{ N/mm}}$$

$$= 2 \cdot 550 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 18 \text{ N/mm} + 100^2 \text{ N}^2$$

$$= 19\,800 \text{ N}^2 + 10\,000 \text{ N}^2$$

$$s \approx 4 \text{ mm}$$

$$= 29\,800 \text{ N}^2$$

$$F_2 = 173 \text{ N}$$

4. Eine Schlagfeder soll mit einer Vorspannkraft von 100 N eingesetzt werden. Am Ende des Spannvorgangs soll die Spannkraft 220 N betragen. Der Spannweg ist 5 mm. Zu errechnen sind

a) die Federenergie; b) die Richtgröße.

Lösung:

$$\text{a) } W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot s = \frac{(100 + 220) \text{ N} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{2} = 0,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W = 0,8 \text{ J (Joule)}$$

$$\text{b) } D = \frac{F_2 - F_1}{s} = \frac{(220 - 100) \text{ N}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \frac{120 \text{ N}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 24 \cdot 10^3 \text{ N/m}$$

$$D = 24\,000 \text{ N/m}$$

$$D = 24 \text{ N/mm}$$

Verharren der Schlagfeder im gespannten Zustand

Die eingerastete Abzugstange verhindert das Entspannen der Schlagfeder beim Schließen des Gewehrs. Die Feder verharrt im gespannten Zustand bis zum Augenblick des Schußauslösens. Währenddessen besteht die Gefahr des Selbstauslösens des Schusses durch starke Erschütterungen. Zur Verminderung dieser Gefahr werden Sicherungen eingebaut (s. Abschn. 3.8.).

Aber auch das entscherte Gewehr muß eine möglichst hohe Sicherheit gegen Selbstauslösen des Schusses aufweisen. Deshalb muß die zum Auslösen des Schusses erforderliche Kraft am Abzug, in der Fachsprache „Abdruck“ genannt, mindestens die durch Erfahrung ermittelte Größe erreichen. Die Größe des Abdrucks ist von der Form und Lage der Rasten abhängig. Dem Feilen der Rasten schenkt der Jagdaffenmechaniker deshalb besondere Aufmerksamkeit. In der Praxis hat sich die im Bild 3.5.17 dargestellte Form bewährt.

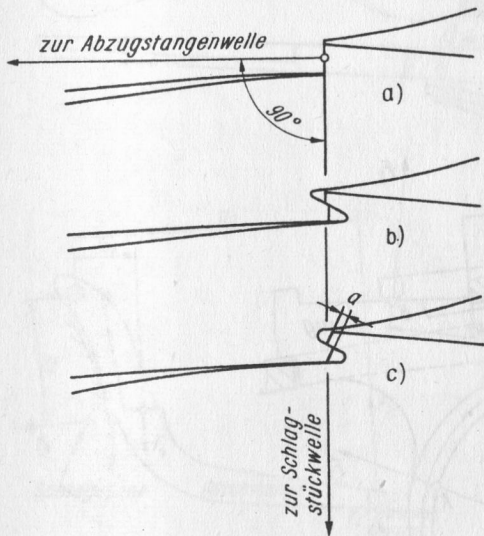


Bild 3.5.17
Schlagstück- und Schloßstangenrast

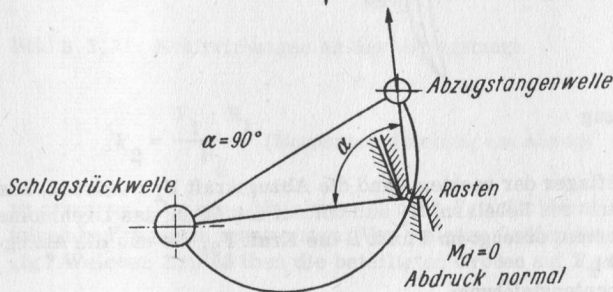


Bild 3.5.18
Richtige Lage der Rasten
($\alpha = 90^\circ$)

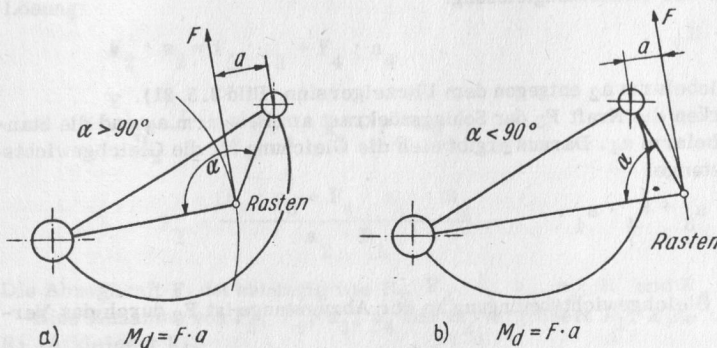


Bild 3.5.19. Falsche Lagen der Rasten
a) $\alpha > 90^\circ$; b) $\alpha < 90^\circ$

Die Lage der Schloßrasten ist so festzulegen, daß an der Abzugstange kein Drehmoment auftreten kann, was den Abdruck ungünstig beeinflusst. Die Kraftwirkungslinie des Schlagstückes muß deshalb durch den Mittelpunkt der Abzugstangenwelle verlaufen. Damit liegt der Ort der Rasten fest; er liegt auf dem Umfang des Kreises, dessen Durchmesser gleich dem Abstand Schlagstückwelle - Abzugstangenwelle ist (Bild 3.5.18).

Ausheben der Abzugstange

Soll ein Schuß abgegeben werden, so muß die Abzugstangenrast aus der Schlagstückrast gehoben werden. Dazu ist eine Kraft erforderlich, die auf die Abzugstange ein Drehmoment ausübt. Zum Ausheben muß sich die Abzugstange um ihre Welle drehen (Bild 3.5.20).

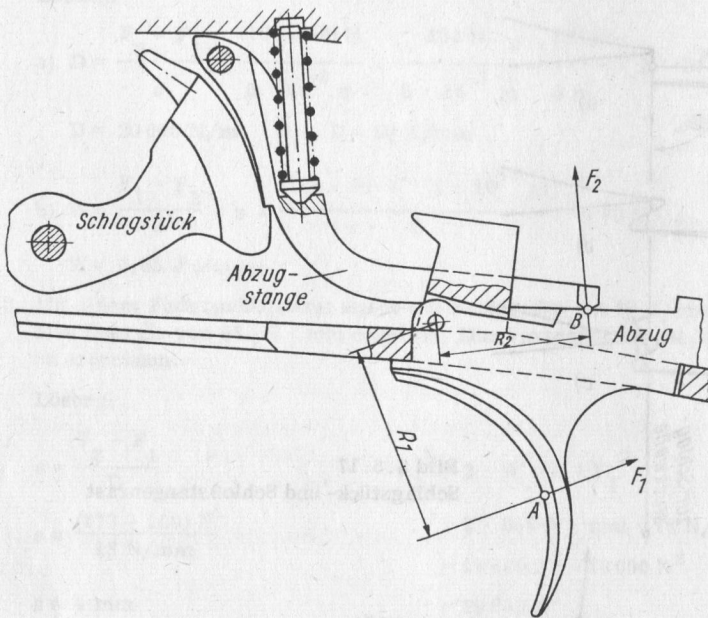


Bild 3.5.20. Kraftwirkung am Abzug

Im Punkt A wird mit dem Zeigefinger der rechten Hand die Abzugskraft F_1 (Abdruck) ausgeübt, normal 20 ... 25 N. Sie wirkt am Hebelarm R_1 und übt auf den Abzug das Drehmoment $M_d = F_1 \cdot R_1$ aus. Dieses Drehmoment erzeugt im Punkt B die Kraft F_2 , die nun die Abzugstange aus der Schlagstückrast hebt.

F_2 errechnet sich aus der Momentengleichung:

$$F_1 \cdot R_1 = F_2 \cdot R_2$$

Die Kraft F_2 wirkt am Hebelarm a_2 entgegen dem Uhrzeigersinn (Bild 3.5.21).

Im Uhrzeigersinn wirken die Kraft F_3 der Schlagstückrast am Hebelarm a_3 und die Stangenfederkraft F_4 am Hebelarm a_4 . Daraus ergibt sich die Gleichung für die Gleichgewichtsbedingung an der Abzugstange:

$$F_2 \cdot a_2 = F_3 \cdot a_3 + F_4 \cdot a_4$$

Beispiel

In der Gleichung für die Gleichgewichtsbedingung an der Abzugstange ist F_2 durch das Verhältnis

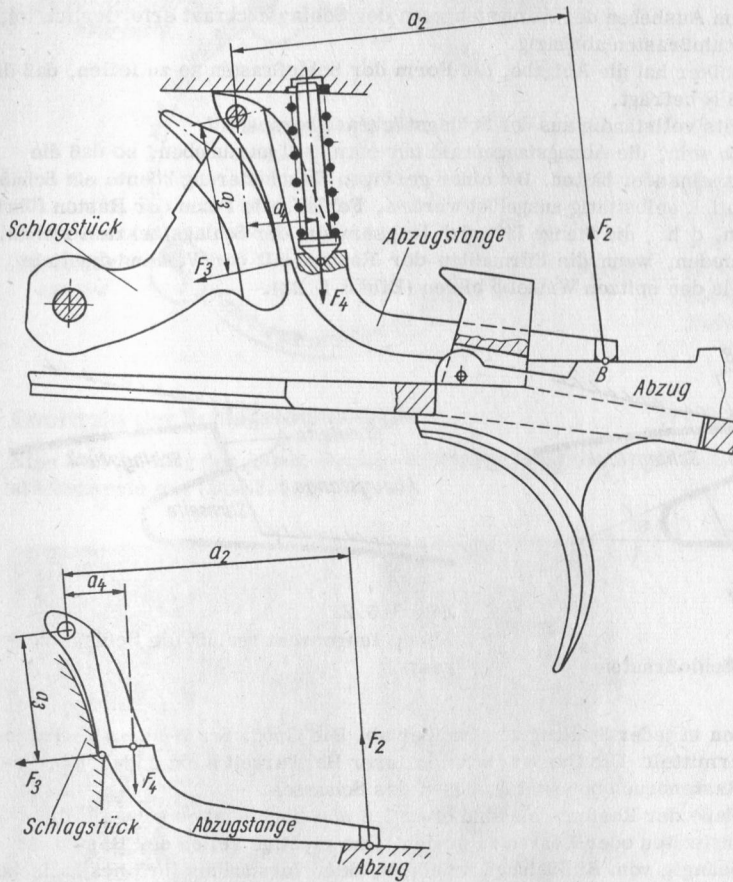


Bild 3.5.21. Kraftwirkungen an der Abzugstange

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot R_1}{R_2} \quad (\text{Momentengleichung am Abzug})$$

zu ersetzen. Die neue Gleichung ist nach F_1 aufzulösen. Anhand der Gleichung für F_1 sind folgende Fragen zu beantworten: Von welchen Größen ist die Abzugskraft F_1 (Abdruck) abhängig? Welchen Einfluß üben die beteiligten Größen auf F_1 aus?

Lösung:

$$F_2 \cdot a_2 = F_3 \cdot a_3 + F_4 \cdot a_4$$

$$\frac{F_1 \cdot R_1}{R_2} \cdot a_2 = F_3 \cdot a_3 + F_4 \cdot a_4$$

$$F_1 = \frac{(F_3 \cdot a_3 + F_4 \cdot a_4) \cdot R_2}{a_2 \cdot R_1}$$

Die Abzugskraft F_1 ist abhängig von F_3 , F_4 , a_2 , a_3 , a_4 , R_1 und R_2 .

Eine Zunahme von F_3 , F_4 , a_3 , a_4 der R_2 vergrößert F_1 . Eine Vergrößerung von a_2 oder R_1 verkleinert F_1 .

Die Kraft F_2 , die zum Ausheben der Abzugstange an der Schlagstückrast erforderlich ist, ist von der Form der Schloßrasten abhängig.

Der Jagdwaffenmechaniker hat die Aufgabe, die Form der Schloßrasten so zu feilen, daß die

- Abzugskraft 20 ... 25 N beträgt,
- Abzugstangenrast stets vollständig aus der Schlagstückrast heraustritt.

Es darf nicht möglich sein, die Abzugstangenrast nur zum Teil auszuheben, so daß die Stirnseiten der Rasten aneinander haften. Bei einer geringen Erschütterung könnte ein Schuß im ungeeigneten Augenblick selbsttätig ausgelöst werden. Fehlerhafte Form der Rasten führt zum sogenannten Ziehen, d. h., die Stange läßt sich langsam aus der Schlagstückrast ziehen. Das Ziehen wird vermieden, wenn die Stirnseiten der Rasten mit der Verbindungslinie Rasten-Schlagstückwelle den spitzen Winkel β bilden (Bild 3.5.22).

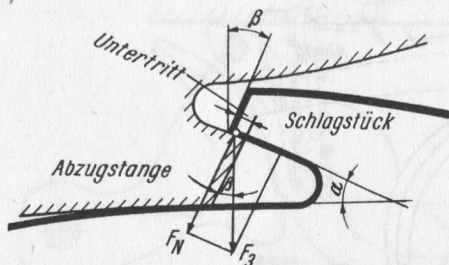


Bild 3.5.22

Kraftwirkungen an den Schloßrasten

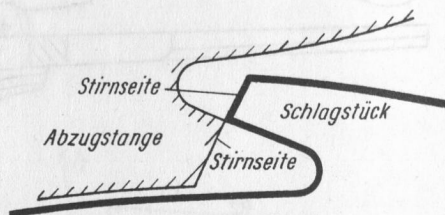


Bild 3.5.23

Abzugstangenrast verläßt die Schlagstückrast

Die Stirnseiten gleiten in jeder Stellung voneinander ab. Die Größe des Winkels β wird jeweils durch Versuche ermittelt. Die Rasten dürfen in ihrer Haltbarkeit nicht dadurch beeinträchtigt werden. Ein Rastenbruch bedeutet Auslösen des Schusses.

Wegen der kleinen Maße der Rasten - sie sind etwa 0,8 mm hoch - ist es schwer, die Form mit Hilfe von Meßgeräten oder Lehren zu prüfen. Das richtige Feilen der Rasten ist daher bis heute noch abhängig vom Einfühlungsvermögen, dem Verständnis für physikalische Vorgänge und von der Gewissenhaftigkeit des Jagdwaffenmechanikers.

Werden Schlagfeder- und Abzugstangenfederkraft sowie alle Hebelarme als konstante und vom Jagdwaffenmechaniker nicht beeinflussbare Größen angenommen, so kann der Abdruck F_1 nur noch durch F_3 verändert werden.

F_3 ist abhängig von dem

- Winkel α der Rastenflächen,
- Untertritt der Abzugstangenrast unter die Schlagstückrast (Bild 3.5.22).

Ist der Abdruck kleiner als normal, so nennt ihn der Fachmann „weich“, ist er größer, „hart“.

Großer Winkel α und kleiner Untertritt ergeben weichen Abdruck;

kleiner Winkel α und großer Untertritt ergeben harten Abdruck.

Der Angriffspunkt von F_3 sowie die übrigen Formen und Maße sind unverändert (Bild 3.5.22).

Entzünden der Zündmasse

Arbeits- und Energieumwandlung

Nachdem die Abzugstange aus der Schlagstückrast gehoben ist, wird das Schlagstück durch das von der Schlagfeder erzeugte Drehmoment um seine Welle gedreht. Das bedeutet Umwandlung der Federenergie in Bewegungsenergie. Der Vorgang dauert nur Bruchteile von Sekunden (etwa $2 \cdot 10^{-3}$ s). Das Schlagstück schlägt hiernach mit seiner Spitze auf das Zündhütchen, wobei die Bewegungsenergie in Arbeit umgewandelt wird. Die Bewegung wird begrenzt durch die Aufschlagfläche im Verschlußstück (Bild 3.5.12). Nach dem Aufschlagen federt das Schlagstück sofort zurück. Die Spitze wird aus dem Zündhütchen gehoben (Bild 3.5.10).

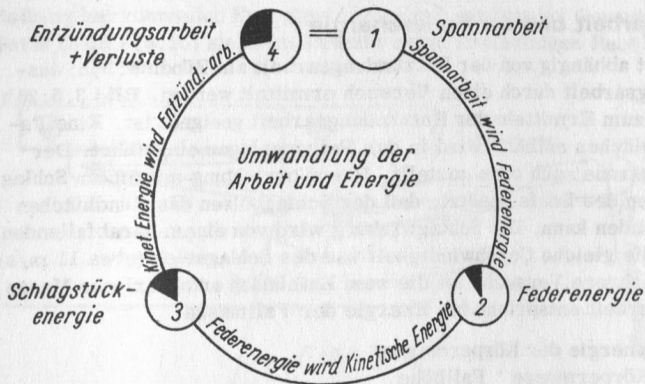


Bild 3.5.24
Umwandlung von Arbeit und Energie
(Die dunklen Sektoren stellen die Verluste durch Reibung dar.)

Ermitteln der Schlagstückenergie

Eine Nachbildung des Anson-Deeley-Schlusses stellt das Gerät zum Ermitteln der Schlagstückenergie dar (Bild 3.5.25 a).

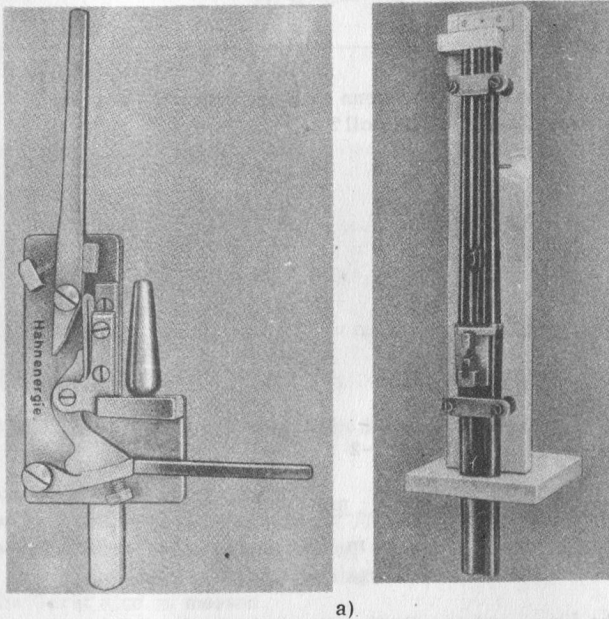


Bild 3.5.25. Geräte zum Ermitteln der Energie
a) Schlagstückenergie; b) Entzündungsenergie

Das Schlagstück überträgt beim Aufschlagen sein Arbeitsvermögen auf einen Körper, dessen Masse bekannt ist. Er wird senkrecht nach oben geworfen. Die Wurfhöhe wird gemessen. Vorteilhaft für das Messen und den senkrechten Wurf ist das Führen des Körpers in einer Glasröhre, die über den Körper gestülpt wird. Bei einem Versuch werden Körpermasse und Wurfhöhe gemessen.

Bei dem Versuch mit dem Meßgerät (Bild 3.5.25 a) sind alle Verluste berücksichtigt. Das Ergebnis stellt die zum Entzünden der Zündmasse nutzbare Schlagstückenergie dar.

Ermitteln der Entzündungsarbeit und der Federenergie

Die Energie der Schlagfeder ist abhängig von der Entzündungsarbeit am Zündhütchen; deshalb muß zuerst die Entzündungsarbeit durch einen Versuch ermittelt werden. Bild 3.5.25b zeigt ein einfaches Gerät, das zum Ermitteln der Entzündungsarbeit geeignet ist. Eine Patronenhülse, die nur das Zündhütchen enthält, wird in das Patronenlager eingeführt. Der Lauf wird senkrecht mit der Patrone nach oben gestellt. Eine Vorrichtung mit einem Schlagbolzen wird so auf den Stoßboden des Laufs gesetzt, daß der Schlagbolzen das Zündhütchen durch eine Schlagwirkung entzünden kann. Die Schlagwirkung wird von einem herabfallenden Gewicht, das beim Auftreffen die gleiche Geschwindigkeit wie das Schlagstück (etwa 11 m/s) haben muß, ausgeübt. Durch mehrere Versuche ist die zum Entzünden erforderliche Masse zu ermitteln: Die Entzündungsarbeit entspricht der Energie der Fallmasse.

Entzündungsarbeit $\hat{=}$ Energie der Körpermasse

$$W_{\text{pot}} = \text{Körpermasse} \cdot \text{Fallhöhe}$$

$$W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

Die Federenergie, die auch alle bei der Energieübertragung und beim Aufschlag eintretenden Verluste zu überwinden hat, kann etwa 30 % größer sein als die Entzündungsarbeit; deshalb ist

$$\text{Federenergie} = 1,3 \cdot \text{Entzündungsarbeit}$$

$$\text{Federenergie} = W = 1,3 \cdot m \cdot g \cdot h.$$

Beispiele

1. Aus welcher Höhe muß ein Körper frei herabfallen, wenn er beim Auftreffen auf den Schlagbolzen eine Geschwindigkeit von 11 m/s haben soll?

Lösung:

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{11^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$h = 6,17 \text{ m}$$

2. Aus einer Höhe von 7 m soll ein Körper frei herabfallen und beim Auftreffen eine kinetische Energie von 0,35 N · m haben.

Zu errechnen ist die Masse des Körpers.

Lösung:

$$W = m \cdot g \cdot h \qquad 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$
$$m = \frac{W}{g \cdot h} = \frac{0,35 \text{ N} \cdot \text{m}}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 7 \text{ m}} = \frac{0,35 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 7 \text{ m}}$$

$$m = 5,1 \text{ g}$$

Die erforderliche relativ große Höhe für ein solches Prüfgerät erschwert den Prüfvorgang. Hinzu kommt noch die Verzögerung durch den Luftwiderstand beim Herabfallen, die beim Auswerten berücksichtigt werden müßte.

Eine andere Prüfmethode beruht auf der Umwandlung der Schlagstückenergie in Federenergie. Das Schlagstück schlägt anstatt auf das Zündhütchen auf das Prüfgerät und spannt dabei eine Schraubenfeder, die durch eine Rasteinrichtung in der gespannten Stellung festgehalten wird. An einer Skale ist die Schlagstückenergie abzulesen.

Messen der Federenergie

Ist die zum Entzünden der Patrone erforderliche Entzündungsarbeit durch einen Versuch ermittelt und die Federenergie errechnet, so muß geprüft werden, ob die Schlagfeder den Anforderungen entspricht. Die Federenergie muß mit Hilfe eines Meßgeräts gemessen werden.

Das Gerät muß der Schloßkonstruktion angepaßt sein, weil dadurch zugleich die von der

Reibung herrührenden Energieverluste mit genügender Genauigkeit einbezogen werden. Das Gerät (Bild 3.5.26) stellt im Prinzip einen zweiarmligen Hebel dar.

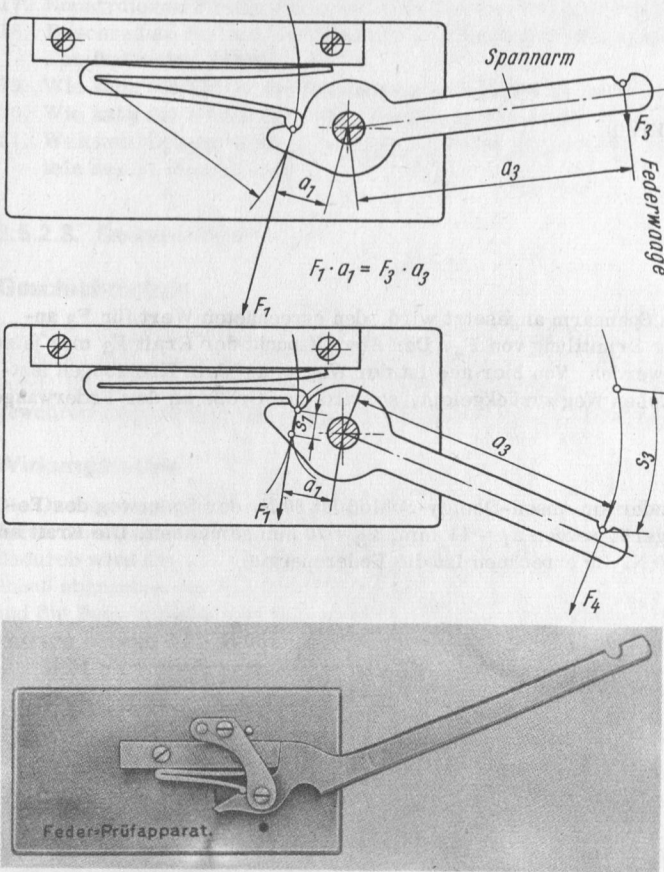


Bild 3.5.26. Gerät zum Ermitteln der Federenergie

Am Schloß sind zu ermitteln

- die Vorspannkraft F_1 , mit der die Feder eingesetzt wird;
- der Spannweg s_1 , also der Weg, den der Angriffspunkt der Federkraft beim Spannen der Feder in Kraftrichtung zurücklegt.

Am Gerät sind zu messen

- der Hebelarm der Federkraft s_1 ,
- der Hebelarm der Spannkraft a_3 .

Durch Drehen des Spannarms wird die Feder gespannt. Das Spannen ist ein Arbeitsprozeß, wobei die zum Spannen erforderliche Arbeit in Federenergie umgewandelt wird.

Es gilt:

$$\text{Spannarbeit} \hat{=} \text{Federenergie.}$$

Da die Kraft während des Spannvorgangs linear wächst, muß zum Berechnen der Spannarbeit das arithmetische Mittel aus der Kraft F_3 am Beginn und F_4 am Ende des Spannvorgangs mit dem Weg s_3 des Angriffspunktes dieser veränderlichen Kraft multipliziert werden (Bild 3.5.26):

$$W = \frac{F_3 + F_4}{2} \cdot s_3.$$

Für F_3 gilt das Hebelgesetz:

$$F_1 \cdot a_1 = F_3 \cdot a_3$$

$$F_3 = \frac{F_1 \cdot a_1}{a_3}$$

Für s_3 gilt die Beziehung am Kreis:

$$s_1 : a_1 = s_3 : a_3$$

$$s_3 = \frac{s_1 \cdot a_3}{a_1}$$

Wenn die Federwaage, die am Spannarm angesetzt wird, den errechneten Wert für F_3 anzeigt, beginnt der Versuch zur Ermittlung von F_4 . Der Angriffspunkt der Kraft F_3 muß jetzt auf der Grundplatte markiert werden. Von hier aus ist der Weg s_3 auf dem Kreisbogen festzulegen. Hat die Spannkraft diesen Weg zurückgelegt, so wird ihre Größe an der Federwaage abgelesen.

Beispiel

Die Vorspannkraft einer Bugfeder am Anson-Deeley-Schloß ist 80 N, der Spannweg des Federschenkels 4 mm. Am Meßgerät werden $a_1 = 14$ mm, $a_3 = 70$ mm gemessen. Die Kraft am Ende des Spannvorgangs ist 40 N. Zu errechnen ist die Federenergie.

Lösung:

$$F_1 = 80 \text{ N} \quad W = \frac{F_3 + F_4}{2} \quad F_3 = \frac{F_1 \cdot a_1}{a_3} = \frac{80 \text{ N} \cdot 14 \text{ mm}}{70 \text{ mm}} = 16 \text{ N}$$

$$s_1 = 4 \text{ mm}$$

$$a_1 = 14 \text{ mm}$$

$$a_3 = 70 \text{ mm}$$

$$F_4 = 40 \text{ N}$$

$$s_3 = \frac{s_1 \cdot a_3}{a_1} = \frac{4 \text{ mm} \cdot 70 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} = 20 \text{ mm}$$

$$W = \frac{(16 + 40) \text{ N} \cdot 20 \text{ mm}}{2} = \frac{56 \text{ N} \cdot 20 \text{ mm}}{2}$$

$$W = 560 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Aufgaben

1. Nennen Sie die heute gebräuchlichen Gewehrschloßarten und deren Unterschiede zueinander!
2. Beschreiben Sie die Wirkungsweise eines Anson-Deeley-Schlusses!
3. Welche Aufgaben haben die einzelnen Teile des Anson-Deeley-Schlusses?
4. Nennen Sie die Phasen in der Arbeitsweise des Schloßmechanismus!
5. Erläutern Sie die einzelnen Phasen in der Arbeitsweise des Schloßmechanismus!
6. An welcher Stelle wird der Eintritt der Schloßrasten reguliert?
7. In welchem Augenblick müssen die Schloßrasten eintreten?
8. Begründen Sie die Notwendigkeit des Zurückfederns des Schlagstücks nach dem Schuß!
9. Weshalb bedarf das Schlagstück des Überzugs?
10. Nach welchem physikalischen Gesetz ist die Schlagstückenergie zu errechnen?
11. Nach welchem mathematischen Gesetz ist die Federenergie zu errechnen?
12. Definieren Sie den Begriff „Federkonstante“!
13. Nennen Sie den Konstruktionsgrundsatz für die Ermittlung der Lage der Schloßrasten!
14. Skizzieren Sie die richtige Form der Schloßrasten!
15. Welchen Einfluß üben die Winkel α der Rastenflächen und der Untertritt auf den Abdruck aus (Bild 3.5.22)?

16. Begründen Sie, daß ein großer Winkel α und kleiner Untertritt einen weichen Abdruck sowie kleiner Winkel α und großer Untertritt einen harten Abdruck ergeben!
17. Konstruieren Sie die Form der Schloßrasten bei $\alpha = 35^\circ$ und $\alpha = 24^\circ$!
18. Beschreiben Sie den Energieumwandlungsprozeß vom Spannen der Schlagfeder bis zum Entzünden der Zündmasse!
19. Wie kann die Größe der Entzündungsarbeit ermittelt werden?
20. Wie kann die Größe der Federenergie ermittelt werden?
21. Welches physikalische Grundgesetz gilt für die Durchführung des Versuchs zum Ermitteln der Federenergie?

3.5.2.3. Seitenschloß

Geschichtliches

Als sich das Prinzip des Selbstspannens der Schlagfeder immer mehr durchsetzte, wurde der außenliegende Hahn des Hahnschlusses (Bild 3.5.9) durch ein innenliegendes Schlagstück ersetzt. Das Schloß dieser Art wurde Seitenschloß genannt. Es ist heute vorwiegend an Bockgewehren anzutreffen. Im Fall einer Funktionsstörung ist es leicht herausnehmbar.

Wirkungsweise

Die Drehbewegung des Laufs beim Öffnen des Gewehrs wird wie beim Anson-Deeley-Schloß durch den Spannhel auf das Schlagstück und den beweglichen Federschenkel übertragen. Dadurch wird die Schlagfeder gespannt. Die Abzugstange hält das Schlagstück fest, bis der Schuß abgegeben werden soll. Nach erfolgtem Schuß springt das Schlagstück etwas zurück, und die Bolzenspitze, die hier vom Schlagstück getrennt ist, tritt aus dem Zündhütchen der Patrone heraus.

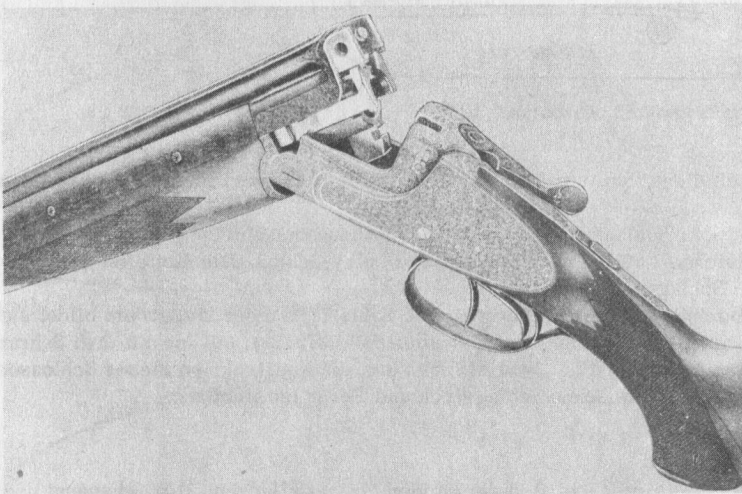


Bild 3.5.27. Bockflinte mit Seitenschloß

Schloßteile und ihre Aufgaben

Die Schloßteile, außer dem Spannhel und dem Abzug, sind auf Seitenschloßblechen angeordnet, die seitlich teils im Verschußstück, teils im Schaft eingelassen sind (Bild 3.5.27).

Zu den Schloßteilen des Seitenschlusses gehören

- Seitenschloßblech
- Spannhebel
- Schlagstück
- Schlagfeder
- Abzugstangenfeder
- Kette
- Studel
- Abzug und Schrauben als Wellen der Schloßteile.

In den Bildern 3.5.28 bis 3.5.37 sind Spannhebel, Abzug und Studel teilweise nicht hervor-
gehoben bzw. weggelassen.



Bild 3.5.28

Linkes Seitenschloß, gespannt

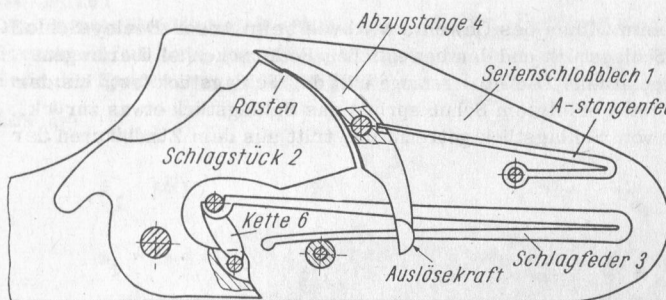


Bild 3.5.29. Rechtes Seitenschloß, gespannt

Das Seitenschloßblech dient zur Aufnahme der Schloßteile, außer dem Spannhebel und dem Abzug.

Spannhebel, Schlagstück, Schlagfeder, Abzugstange, Abzugstangenfeder, Abzug und Schrauben haben die gleichen Aufgaben wie am Anson-Deeley-Schloß. Die Kette ist das Verbindungsglied zwischen Schlagfeder und -stück.

Die Studel ist eine Deckplatte, die zur Führung der Schloßteile dient; außerdem bildet sie das Lager für die Abzugstangen- und Schlagstückwellen (Bild 3.5.28); sie ist mit drei Schrauben auf dem Seitenschloßblech befestigt. Bild 3.5.29 zeigt die Konstruktion dieses Schlosses. Die Kette als Verbindungsglied zwischen Schlagstück und Feder ist sichtbar.

Seitenschloßarten

Bild 3.5.30 zeigt ein rechtes Seitenschloß in den beiden Grenzstellungen, d. h. gespannt und entspannt.

Die Auslösekraft wird beim Schuß vom Abzug auf die Abzugstange ausgeübt, die Spannkraft vom Spannhebel auf das Schlagstück beim Öffnen des Gewehrs. Der Rücksprung des Schlagstücks wird bei diesem Seitenschloß am Spannhebel reguliert.

Bild 3.5.31 zeigt ein linkes Seitenschloß in den beiden Grenzstellungen.

Die Rücksprungkraft wird von der Schlagfeder ausgeübt.

Bild 3.5.32 zeigt ein linkes Seitenschloß in gespannter Stellung, das zusätzlich mit einer Fangstange ausgerüstet ist. Die Fangstange erhöht die Sicherheit gegen Selbstausslösen eines Schusses, das infolge Rastenbruch oder starker Erschütterungen am Gewehr erfolgen kann. Ein Rastenbruch kann durch Werkstoff- oder Härtefehler auftreten.

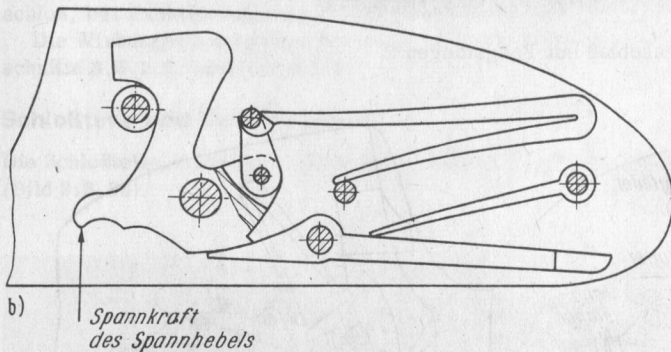
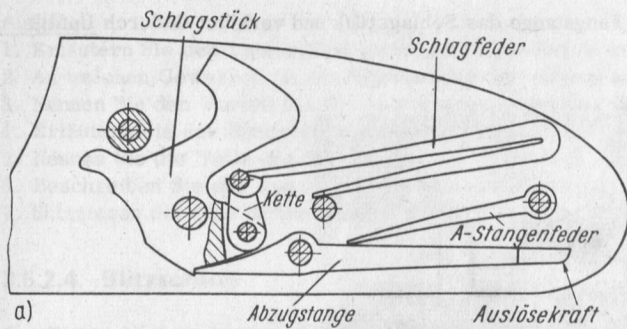


Bild 3.5.30
Rechtes Seitenschloß
a) gespannt
b) entspannt

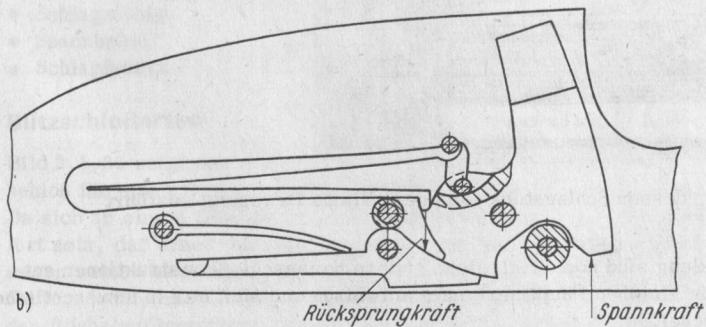
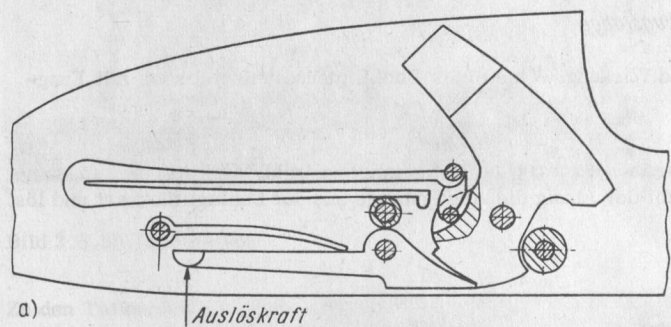


Bild 3.5.31. Linkes Seitenschloß
a) gespannt; b) entspannt

In beiden Fällen blockiert die Fangstange das Schlagstück und verhindert dadurch Unfälle (Bild 3.5.33).

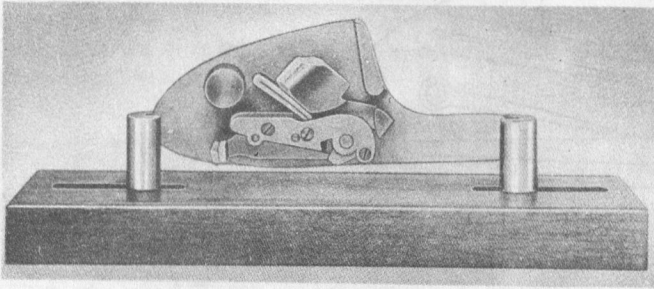


Bild 3.5.32. Bockflintenseitenschloß mit Fangstangen

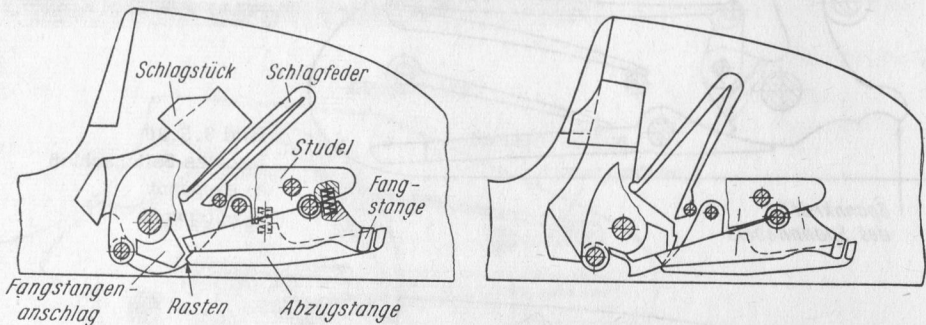


Bild 3.5.33. Konstruktion und Wirkungsweise eines Bockflintenseitenschlosses mit Fangstangen

Beim Auslösen des Schusses wird zuerst die Fangstange gedreht, bis sie den Fangstangenanschlag verläßt. Dann hebt der Abzug die Abzugstange aus der Schlagstückrast und löst damit den Schuß aus.

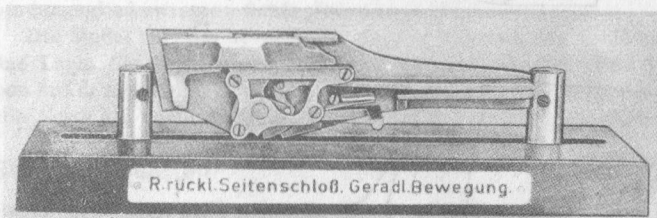


Bild 3.5.34. Seitenschloß, dessen Schlagstück eine geradlinige Bewegung ausführt

Im Verlauf der Entwicklung sind noch zahlreiche andere Seitenschloßkonstruktionen entstanden, die jedoch alle die gleichen Hauptmerkmale aufweisen und sich nur in unwesentlichen Teilen voneinander unterscheiden.

Aufgaben

1. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Hahn- und Seitenschloß!
2. An welchen Gewehren ist das Seitenschloß vorwiegend anzutreffen?
3. Nennen Sie den Vorteil des Seitenschlosses gegenüber dem Anson-Deeley-Schloß!
4. Erläutern Sie den Spannvorgang am Seitenschloß!
5. Nennen Sie die Teile des Seitenschlosses!
6. Beschreiben Sie das Regulieren des Schlagstückrücksprungs an einem Seitenschloß!
7. Skizzieren Sie eine Seitenschloßkonstruktion!

3.5.2.4. Blitzschloß

Das Blitzschloß findet man hauptsächlich an Bockgewehren und Drillingen. Es bietet gegenüber dem Anson-Deeley-Schloß fertigungstechnische Vorteile und läßt sich, wie das Seitenschloß, bei Funktionsstörungen leicht herausnehmen.

Die Wirkungsweise dieses Schlosses entspricht der der aufgezeigten Schloßarten (s. Abschnitte 3.5.2.2. und 3.5.2.3.).

Schloßteile und ihre Aufgaben

Die Schloßteile, außer dem Spannhebel, sind auf dem Abzugblech (Schloßblech) angeordnet (Bild 3.5.35).

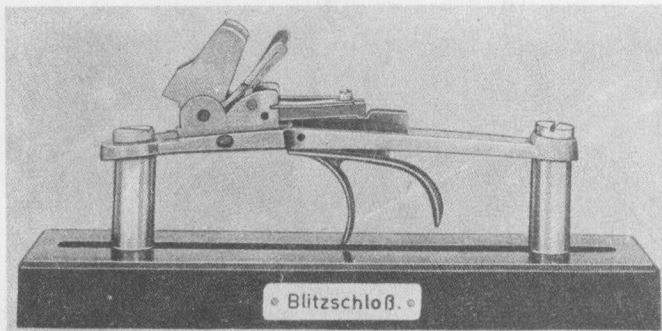


Bild 3.5.35. Blitzschloß

Zu den Teilen des Blitzschlosses gehören

- Abzugblech (Schloßblech)
- Schlagstücke
- Spannhebel
- Schlagfedern
- Abzugstangen
- Abzugstangenfedern
- Abzüge
- Stifte und Schrauben als Wellen der anderen Schloßteile.

Blitzschloßarten

Bild 3.5.36 zeigt das Blitzschloß einer Bockflinte in den beiden Grenzstellungen. Beim Blitzschloß für einen Drilling liegen je drei Schlagstücke, Abzugstangen und Federn nebeneinander. Da sich an einem Gewehr nur zwei Abzüge befinden, muß die Abzugvorrichtung so konstruiert sein, daß einer der beiden Abzüge zwei Stangen ausheben kann. Der vordere Abzug ist wegen seiner bequemen Lage am besten für die Übernahme dieser Aufgaben geeignet. Der Schütze kann, nach Bedienen einer Umstellung, je nach Bedarf den rechten Flintenlauf oder den Büchslauf benutzen. Die Umstellung erfolgt durch Bewegen eines Druckknopfschiebers, der sich auf der Scheibe an der Stelle befindet, wo sich bei der Doppelflinte der Sicherungsschieber befindet.

Beim Umstellen auf den Büchslauf wird ohne besonderen Handgriff gleichzeitig die Visier-

klappe aufgestellt. Der Schütze erkennt beim Zielen über Visier und Korn sofort, daß der Büchslauf zum Schuß bereit ist. Beim Schuß aus dem rechten Flintenlauf liegt die Visierklappe in einer Aussparung. Der Schütze sieht nur das Korn und zielt auch nur mit dem Korn.

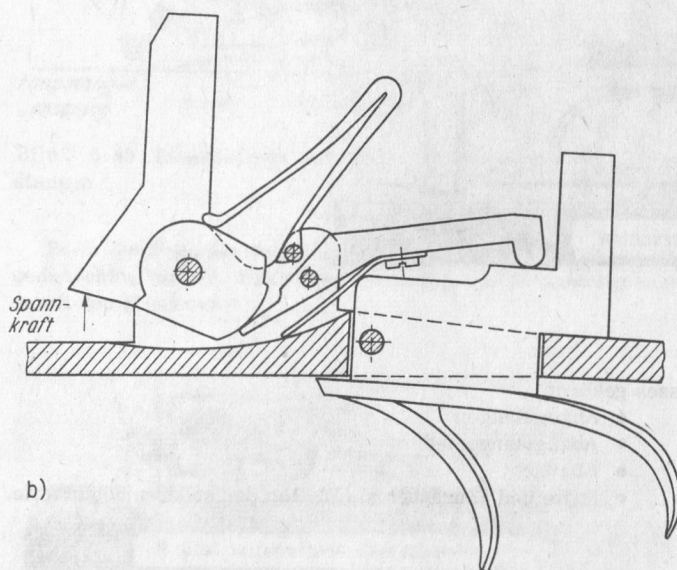
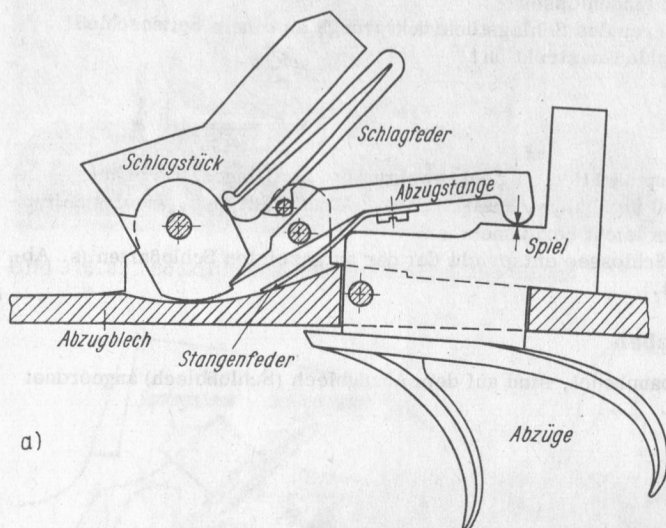


Bild 3.5.36. Konstruktion und Wirkungsweise eines Blitzschlosses
a) gespannt; b) entspannt

Eine Besonderheit am Blitzschloß für Drillinge und Bockgewehre ist die Einrichtung „separate Kugelschloßspannung“, die auf Wunsch des Schützen eingebaut wird. Während beim normalen Blitzschloß die Schlagfedern beim Öffnen des Gewehrs durch den Spannhel gespannt werden, spannt der Spannhel bei einem Drillingschloß mit separater Kugelschloßspannung nur die beiden Federn für die Flintenschlosse. Die Feder für das Büchsschloß wird bei Bedarf von Hand durch Bewegen eines Spannschiebers auf der Scheibe gespannt. Diese

Einrichtung gibt dem Schützen eine erhöhte Sicherheit gegen das Selbstauslösen des Büchschusses zugleich mit dem Flintenschuß (Doppeln). Will der Schütze die Feder des Büchschlosses wieder entspannen, so nimmt er zuerst die Patrone aus dem Patronenlager und entspannt mit Hilfe des Spannschiebers die Feder. Jedoch bringt der hohe Sicherheitsfaktor die Gefahr mit sich, daß der Schütze nach dem Kugelschuß vergißt, den rechten Schrotlauf zu entschern.

Aufgaben

1. Erläutern Sie den Unterschied des Blitzschlosses gegenüber dem Seitenschloß!
2. Woran erkennt der Schütze bei einem Drilling, ob er einen Kugel- oder einen Schrotschuß abgibt?
3. Nennen Sie die Vorteile der separaten Kugelschloßspannung!

3.5.3. Einabzug

Aufgaben und Wirkungsweise

Der Einabzug ist eine Einrichtung an einem mehrläufigen Jagdgewehr, die es gestattet, mit nur einem Abzug zwei Schlosse nacheinander zu benutzen. Der Schütze kann den zweiten Schuß abgeben, ohne fortgreifen zu müssen. Nach Abgabe des ersten Schusses schaltet der Mechanismus um, so daß mit demselben Abzug sofort der zweite Schuß abgegeben werden kann.

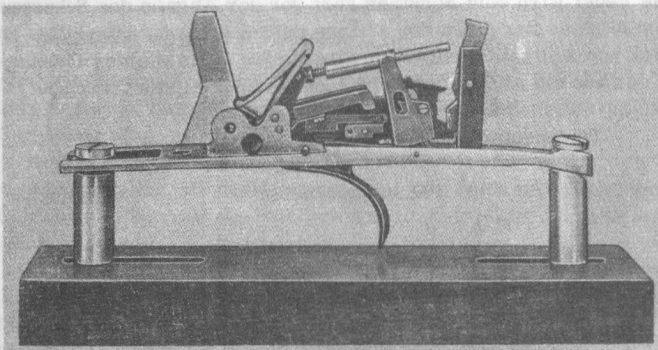


Bild 3.5.37. Blitzschloß mit Einabzug

Der Einabzug gestattet

- bequemes Auslösen zweier aufeinanderfolgender Schüsse,
- Verkürzen der Schußfolgezeit.

Einabzugsarten

Entsprechend den Bedürfnissen beim Jagd- und Sportschießen sind folgende Konstruktionen für Einabzugsvorrichtungen entstanden:

- Die beiden Schüsse sind nur in der Reihenfolge rechts–links abgebar.
- Die beiden Schüsse sind in beliebiger Reihenfolge abgebar. Diese Möglichkeit wird durch eine Umstellvorrichtung geschaffen. Dem dadurch erzielten Vorteil steht der Nachteil der Kompliziertheit gegenüber. Außerdem kann beim Bedienen der Umstellung leicht ein Irrtum unterlaufen.
- Das Gewehr hat, wie normal, beide Abzüge. Jeder ist, unabhängig vom anderen, als Einabzug ausgebildet. Die Schußfolge ist beim vorderen Abzug rechts–links, beim hinteren Abzug links–rechts.

Damit ist jeder Irrtum ausgeschaltet. Außerdem erhält das Gewehr durch die beiden Abzüge wieder sein normales Aussehen.

Aufgaben

1. Nennen Sie die Aufgaben des Einabzugs!
2. Welche Einabzugsarten gibt es?
3. Erläutern Sie die Wirkungsweise des Einabzugs!

3.6. Stechereinrichtungen

3.6.1. Überblick

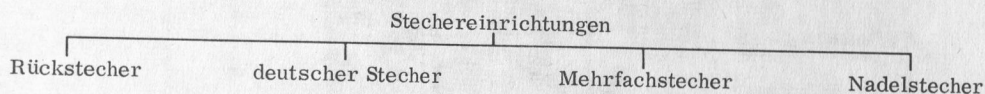
Aufgabe und Anwendung

Die Stechereinrichtung hat die Aufgabe, den Abdruck zu verringern. Dadurch wird die Treffsicherheit erhöht.

Stechereinrichtungen erhalten die Gewehre, mit denen eine besonders hohe Treffsicherheit erzielt werden soll. Daher haben alle in der DDR hergestellten Jagdgewehre mit Kugellauf einen Stecher.

Prinzip des Stechers

Die Kraft, die zum Ausheben der Stangenrast aus der Schlagstückrast erforderlich ist, wird durch eine Feder ausgeübt. Die Feder wird vom Schützen kurz vor der Abgabe des Schusses gespannt. Der Schuß wird durch leichtes Berühren des Abzugs mit dem Finger ausgelöst. Die bis dahin gespannte Stecherfeder wirkt plötzlich entweder direkt oder mittels eines Übertragungselements auf den Abzug, der nun die Abzugstangenrast aus der Schlagstückrast hebt.



3.6.2. Rückstecher

Der Rückstecher, auch französischer Stecher genannt, ist besonders gut für mehrläufige Gewehre geeignet, weil zu seiner Bedienung ein Abzug genügt. Der zweite Abzug ist für das andere Schloß verwendbar.

Wirkungsweise

Zunächst wird die Stecherfeder durch Drehen des Abzugs nach vorn, d. h. entgegen der Auslösrichtung, gespannt.

Der Spannvorgang ist beendet, wenn das Mittelstück eingerastet ist (vgl. Rasten des Gewehrschlusses). Der Spannvorgang der Feder wird „Stechen“ oder „Einstechen“ genannt. Das Mittelstück ist ein zweiarmiger Hebel, der sich jetzt im Gleichgewicht befindet. In dieser gespannten Stellung verharrt die Feder bis zum Auslösen des Schusses, das möglichst anschließend erfolgen soll; denn jetzt besteht erhöhte Unfallgefahr durch Selbstauslösen. Der Schuß wird schon durch leichtes Berühren des Abzugs ausgelöst. Der Abzug führt eine Drehbewegung von etwa zwei Winkelsekunden aus, die bereits zum Auslösen des Schusses genügen. Die Drehbewegung des Abzugs wird durch die Stecherstellschraube auf das Stecherraststück (auch Vögelchen oder Hähchen genannt) übertragen, das dadurch das Mittelstück verläßt. Jetzt wird die Federkraft vom Mittelstück auf den Abzug und von diesem auf die Abzugstange übertragen, deren Rast aus der Schlagstückrast schnellt. Der Schuß ist ausgelöst. Mit Hilfe der Stecherstellschraube kann der Übertritt des Stecherraststücks über das Mittelstück reguliert werden.

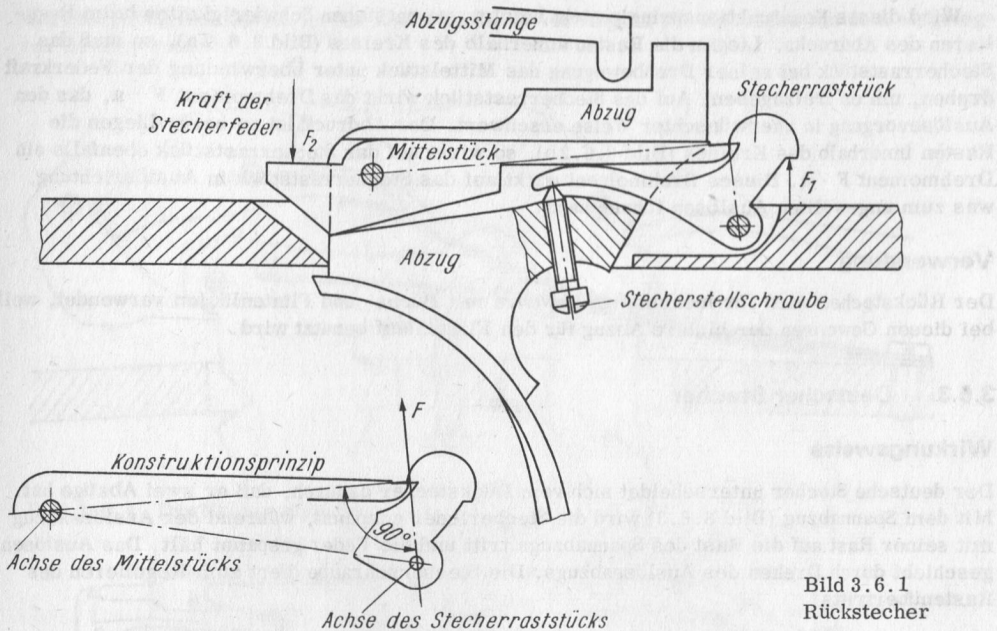


Bild 3.6.1
Rückstecher

Stecherteile und ihre Aufgaben

Anordnung und Bezeichnung der Stecherteile zeigt Bild 3.6.1. Die Stecherfeder liefert die zum Ausheben der Abzugstangenrast aus der Schlagstückrast erforderliche Kraft.

Der Abzug dient zum

- Spannen der Stecherfeder (Umstechen),
- Ausheben der Abzugstangenrast aus der Schlagstückrast (Auslösen des Schusses).

Das Mittelstück hält die Stecherfeder in gespannter Stellung und überträgt die Federkraft mittels Abzugs auf die Abzugsstange.

Das Stecherraststück (Vögelchen, Häkchen) hält das Mittelstück bei gespannter Feder im Gleichgewicht und gibt es im Augenblick des Auslösens frei, so daß es von der Stecherfeder gedreht werden kann.

Die Stecherstellschraube überträgt die Drehbewegung des Abzugs im Augenblick des Auslösens auf das Stecherraststück. Mit Hilfe der Stecherstellschraube ist der Übertritt des Stecherraststücks über das Mittelstück zu regulieren.

Konstruktionsprinzip

Die Verbindungslinie zwischen Mittelstück- und Stecherraststückwelle bildet den Durchmesser des Kreises, auf dem die Rasten liegen (s. Abschn. 3.5.2., gemäß Lehrsatz des Thales).

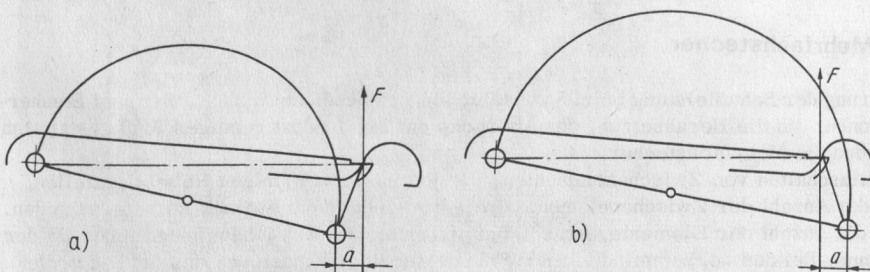


Bild 3.6.2. Falsche Lagen der Rasten am Rückstecher
a) außerhalb des Kreises; b) innerhalb des Kreises

Wird dieses Konstruktionsprinzip nicht befolgt, so entstehen Schwierigkeiten beim Regulieren des Abdrucks. Liegen die Rasten außerhalb des Kreises (Bild 3.6.2a), so muß das Stecherraststück bei seiner Drehbewegung das Mittelstück unter Überwindung der Federkraft drehen, um es freizugeben. Auf das Stecherraststück wirkt das Drehmoment $F \cdot a$, das den Auslösevorgang in unerwünschter Weise erschwert. Der Abdruck ist zu hart. Liegen die Rasten innerhalb des Kreises (Bild 3.6.2b), so wirkt auf das Stecherraststück ebenfalls ein Drehmoment $F \cdot a$. Dieses Drehmoment wirkt auf das Stecherraststück in Auslösrichtung, was zum ungewollten Auslösen führen kann.

Verwendung

Der Rückstecher wird für mehrläufige Gewehre mit Büchs- und Flintenläufen verwendet, weil bei diesen Gewehren der hintere Abzug für den Flintenlauf benutzt wird.

3.6.3. Deutscher Stecher

Wirkungsweise

Der deutsche Stecher unterscheidet sich vom Rückstecher dadurch, daß er zwei Abzüge hat. Mit dem Spannabzug (Bild 3.6.3) wird die Stecherfeder gespannt, während der Auslöseabzug mit seiner Rast auf die Rast des Spannabzugs tritt und die Feder gespannt hält. Das Auslösen geschieht durch Drehen des Auslöseabzugs. Die Stecherschraube dient zum Regulieren des Rastenübertritts.

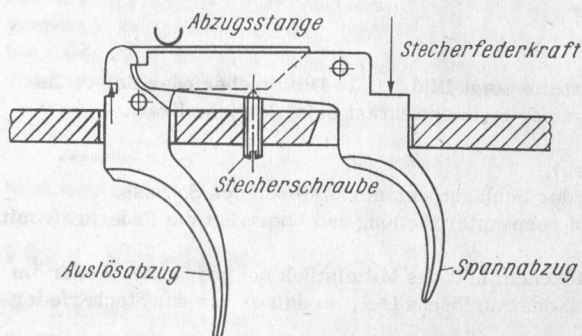


Bild 3.6.3
Deutscher Stecher
(einfacher Stecher)

Konstruktionsprinzip

Die Verbindungslinie zwischen den beiden Abzugswellen ist der Durchmesser des Kreises, auf dem die Rasten liegen (vgl. Rückstecher).

Verwendung

Der deutsche Stecher wird für einläufige Büchsen verwendet.

3.6.4. Mehrfachstecher

Die Steigerung der Schußleistung beim Sportschießen mit Scheibenbüchsen führte zu Stecherkonstruktionen, die die Herabsetzung des Abdrucks auf ein äußerst geringes Maß gestatteten. Es entstanden die Mehrfachstecher.

Durch Einschalten von Zwischenelementen, die je einen zweiarmigen Hebel darstellen, sind nach der Anzahl der Zwischenelemente drei- bis siebenfache Stecher zu unterscheiden. Je größer die Anzahl der Elemente, um so komplizierter und funktionsempfindlicher ist der Mechanismus. Bei den hochempfindlichen Stechern genügt zum Auslösen des Schusses die kleine Kraft eines Luftstroms, wie er durch Blasen gegen den Auslöseabzug erzeugt werden kann. Diese Empfindlichkeit kann sich nur ein Schütze auf dem Schießstand erlauben, wo er

den Stechermechanismus im letzten Augenblick vor Abgabe des Schusses mit dem aufgelegten Gewehr spannt.

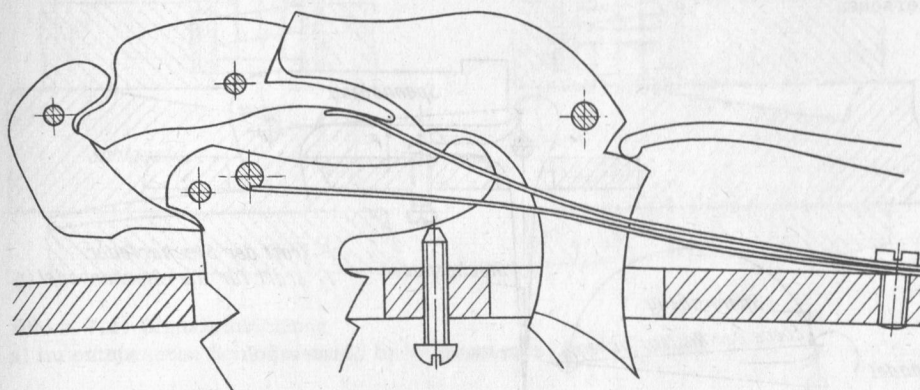


Bild 3.6.4. Dreifacher Stecher

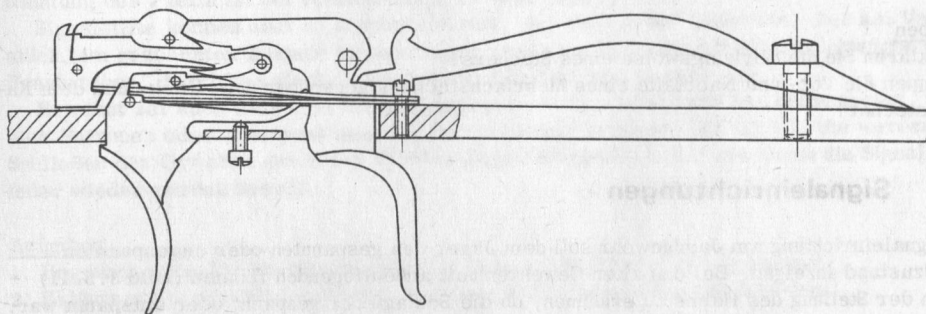


Bild 3.6.5. Fünffacher Stecher

Unter der Voraussetzung guter Qualitätsarbeit und einwandfreier Konstruktion erfüllen der Rückstecher und der deutsche Stecher vollauf die an sie gestellten Anforderungen.

3.6.5. Nadelstecher

Es ist erstaunlich, daß viele Radschloßgewehre aus dem 16. Jahrhundert bereits eine Stechereinrichtung haben. Bild 3.6.6 zeigt den Stecher eines Radschloßgewehrs (Bild 3.5.3).

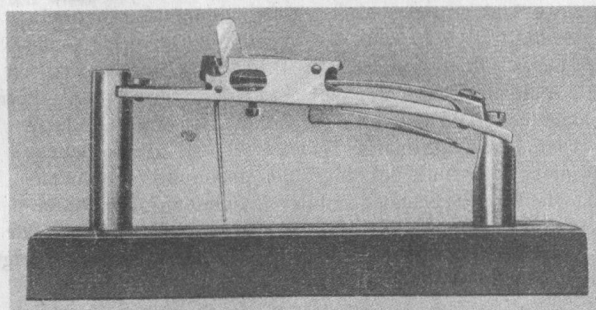


Bild 3.6.6
Nadelstecher

Der Nadelstecher, dessen Name von dem zu einer Nadel ausgebildeten Auslösabzug herührt, ist der erste Stecher an einer Handfeuerwaffe. Seine Wirkungsweise entspricht der des deutschen Stechers. Aus Bild 3.6.7 sind Konstruktion, Wirkungsweise und Kraftwirkungen zu sehen.

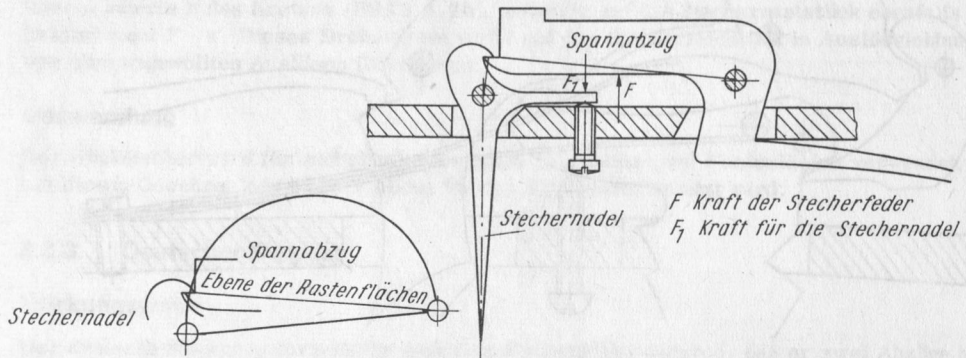


Bild 3.6.7. Konstruktion und Wirkungsweise eines Nadelstechers

Aufgaben

1. Erklären Sie die Wirkungsweise eines Stechers!
2. Nennen Sie Vor- und Nachteile eines Mehrfachstechers gegenüber dem Rück- und dem Nadelstecher!

3.7. Signaleinrichtungen

Die Signaleinrichtung am Jagdgewehr soll dem Jäger den gespannten oder ungespannten Schloßzustand anzeigen. Bei den alten Gewehren mit außenliegenden Hähnen (Bild 3.5.11) war an der Stellung des Hahns zu erkennen, ob die Schlagfeder gespannt oder entspannt war. Als dann bei den Selbstspannergewehren die außenliegenden Hähne durch innenliegende Schlagstücke ersetzt wurden, war der jeweilige Schloßzustand von außen nicht mehr erkennbar. Viele Jäger konnten sich wegen dieses Nachteils der neuen Erfindung von ihrem geliebten Hahngewehr nicht oder nur sehr schwer trennen. Der Mangel wurde beseitigt, und das Hahngewehr mußte dem neuen Selbstspannergewehr weichen. Am Selbstspannergewehr wurden Signaleinrichtungen angebracht, die den jeweiligen Schloßzustand außen sichtbar und in der Dunkelheit fühlbar werden ließen.

Wirkungsweise

Die Signaleinrichtung muß anzeigen, ob die Schlagfeder gespannt oder entspannt ist. Weil die Schlagfeder beim Selbstspannergewehr vom Schlagstück während seiner Drehbewegung gespannt wird, gibt die jeweilige Stellung des Schlagstücks Auskunft über den Federzustand. Das Schlagstück wird heute meist auf der an der Außenwand der Verschlußstücke gleitenden Seite abgeschrägt. Auf diese geneigte Fläche tritt der Signalstift (Bild 3.7.1a). Er wird von der Signalstiftmutter geführt, die in die Außenwand des Verschlußstücks geschraubt ist. Beim Öffnen des Gewehrs dreht sich das Schlagstück. Die geneigte Fläche schiebt den Signalstift etwa 2 mm über die Außenwand des Verschlußstücks hinaus. Dabei wird eine kleine Schraubenfeder gespannt (Bild 3.7.1b). Jetzt sieht oder fühlt der Jäger den gespannten Schloßzustand und wird die entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen bei der Handhabung der Waffe treffen. Nach dem Auslösen des Schusses dreht sich das Schlagstück wieder zurück, und der Signalstift wird durch die Signalstiftfeder ebenfalls in seine Ausgangsstellung bewegt. Er ragt nun nicht mehr über die Außenwand des Verschlußstücks hinaus. Das bedeutet entspannten Schloßzustand.

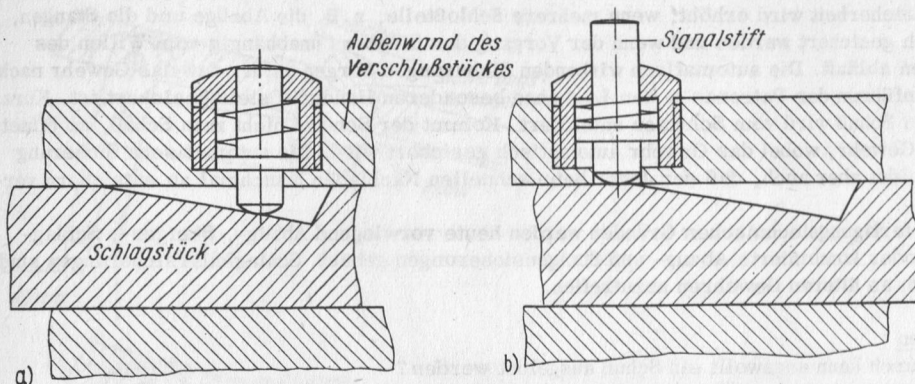


Bild 3.7.1. Signaleinrichtung

a) im entspannten Schloßzustand; b) im gespannten Schloßzustand

Neben dieser heute sehr gebräuchlichen Einrichtung gibt es, ebenfalls seitlich angebracht, Signalwellen, die sichtbar einen Pfeil tragen und vom Schlagstück gedreht werden. An der Richtung des Pfeils ist der Schloßzustand zu sehen und zu fühlen.

Signalstifte können auch so angebracht sein, daß sie aus den Muscheln, oben am Verschußstück, im gespannten Zustand herausragen. Wohl eine der ersten Signaleinrichtungen war ein Fensterchen, durch das die Stellung des Schlagstücks zu erkennen war.

Erwähnt sei auch noch eine Einrichtung, bei der die Signalstifte nur heraustreten, wenn sich Patronen oder Patronenhülsen im Patronenlager befinden. Die Signalstifte werden beim Schließen des Gewehrs durch den Patronenboden hinausgeschoben und durch die Signalstiftfeder wieder zurück bewegt.

Aufgaben

1. Begründen Sie die Zweckmäßigkeit von Signaleinrichtungen am Jagdgewehr!
2. Erläutern Sie die Wirkungsweise der Signaleinrichtung eines Jagdgewehrs!

3.8. Gewehrsicherung

3.8.1. Überblick

Aufgabe und Prinzip

Die Gewehrsicherung soll die Unfallgefahr herabsetzen, die durch ungewolltes Auslösen eines Schusses bei der Benutzung des geladenen Gewehrs entsteht.

Das Auslösen eines Schusses erfolgt durch eine Kraft, die durch den Zeigefinger der rechten Hand auf den Abzug wirkt und die durch den Schloßmechanismus übertragen wird. Die Schloßteile führen entsprechend ihren Aufgaben Bewegungen aus, die die Zündmasse der Patrone entzünden.

Die Gewehrsicherung muß die Kraftübertragung verhüten, d. h., sie muß die Bewegung der am Auslösen des Schusses beteiligten Schloßteile verhindern.

Sicherungsarten

Entsprechend den Möglichkeiten, die Bewegung der Schloßteile im geschlossenen Zustand zu verhindern, können die Sicherungen wie folgt eingeteilt werden:

- Abzugsicherungen
- Schlagstücksicherungen
- Abzug- und Stangensicherungen
- Schlagfedersicherungen.

Die Sicherung wird jeweils nach dem Schloßteil benannt, das festgehalten, d. h. gesichert, wird.

Die Sicherheit wird erhöht, wenn mehrere Schloßteile, z.B. die Abzüge und die Stangen, zugleich gesichert werden und wenn der Vorgang des Sicherns unabhängig vom Willen des Schützen abläuft. Die automatisch wirkenden Sicherungen sorgen dafür, daß das Gewehr nach dem Einführen der Patronen in den Lauf ohne besonderen Handgriff stets gesichert ist. Kurz vor dem Schuß wird vom Schützen entsichert. Kommt der Schütze nicht zum Schuß, so öffnet er das Gewehr, wobei das Gewehr automatisch gesichert wird. Die automatische Sicherung verschuldet aber auch, daß der Jäger beim schnellen Nachladen manchmal zu entsichern ver-
gißt.

Aus fertigungstechnischen Gründen werden heute vorwiegend Abzug-, Stangen-, Schlagstück- oder kombinierte Abzug- und Stangensicherungen gebaut. Schlagfedersicherungen sind nur noch an älteren Gewehren anzutreffen.

Aufgaben

1. Wodurch kann ungewollt ein Schuß ausgelöst werden?
2. Welche Schloßteile sind am Auslösen eines Schusses beteiligt?
3. Erklären Sie die Aufgabe einer Gewehrsicherung!
4. Erläutern Sie, wie ein Jagdgewehr gesichert werden kann!
5. Nach welchen Gesichtspunkten werden die Gewehrsicherungen eingeteilt?
6. Was ist unter automatischer Sicherung beim Gewehr zu verstehen?

3.8.2. Greener-Sicherung

Diese Sicherung wird als Abzug-, Stangen- oder Schlagstücksicherung verwendet. Bei der Abzugsicherung liegt eine im Schaft gelagerte Welle über den Abzügen. Die Welle ist dort, wo sich die Abzüge befinden, abgeflacht (Bild 3.8.1).

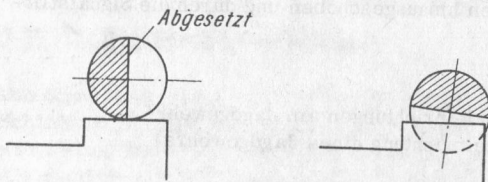


Bild 3.8.1
Greener-Sicherung
(Prinzip)

Durch Drehen eines außen am Schaft angeordneten Hebelchens, das fest mit der Welle verbunden ist, wird der Abzug gesichert oder entsichert. Die Greener-Sicherung ist eine nicht-automatische Sicherung. Sie wird dort verwendet, wo auf der Scheibe kein Platz für den Sicherungsschieber ist, z.B. beim Drilling. Auf demselben Prinzip beruhen die Stangen- und Schlagstücksicherungen.

Aufgaben

1. Nennen Sie die Sicherungsmöglichkeiten einer Greener-Sicherung!
2. Erläutern Sie die Wirkungsweise einer Greener-Sicherung!

3.8.3. Nichtautomatische Abzugsicherung einer Einlaufflinte

Aufgaben

1. Beschreiben Sie die Wirkungsweise der nichtautomatischen Abzugsicherung anhand des Bildes 3.8.2!
2. Erläutern Sie den Unterschied zwischen dieser Sicherung und der Greener-Sicherung!

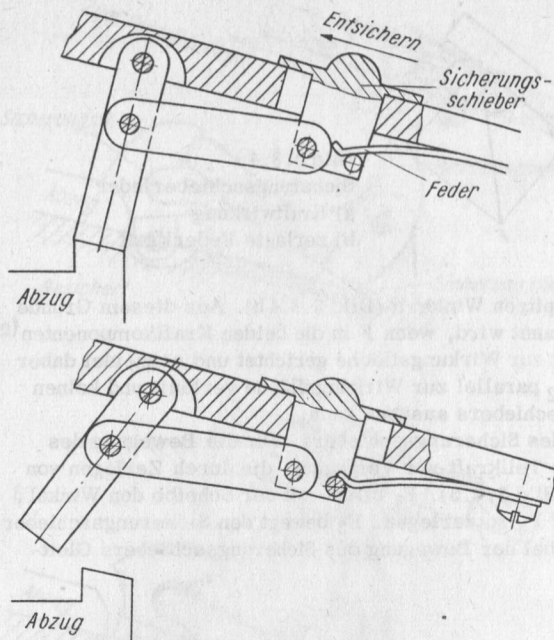


Bild 3.8.2
Nichtautomatische
Abzugsicherung einer
Einlaufflinte

3.8.4. Automatische Abzugsicherung einer Doppelflinte

Bild 3.8.3 zeigt die automatische Abzugsicherung in gesicherter Stellung. Beim Drehen des Verschußhebels zum Öffnen des Gewehrs zwecks Einführen der Patronen bewegt sich der Verschußkeil. Er überträgt seine Bewegung auf die Sicherungstange, deren Sicherungsstift sich über die Abzüge schiebt und so eine Drehung der Abzüge verhindert. Das Entsichern geschieht von Hand durch Bewegen des Sicherungsschiebers auf der Scheibe. Er ist mit der Sicherungstange verbunden.

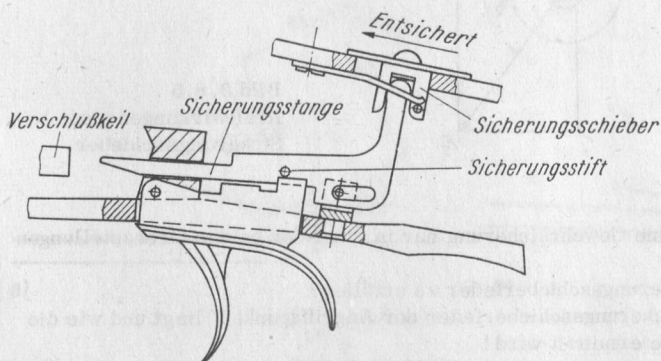


Bild 3.8.3
Automatische
Abzugsicherung einer
Doppelflinte

Das Gewehr kann sowohl im gespannten als auch im entspannten Schloßzustand von Hand gesichert werden. Die Sicherungsschieberfeder wirkt so auf den Sicherungsschieber, daß er stets in eine der beiden Grenzstellungen, d.h. in gesicherte oder entsicherte Stellung, geschoben wird. Ist das Gewehr gesichert, so ist auf der Scheibe, vor dem Sicherungsschieber, ein S zu lesen. Daran kann der Schütze die Stellung der Sicherungseinrichtung erkennen.

Kraftwirkung der Sicherungsschieberfeder

Die Sicherungsschieberfeder übt auf den Sicherungsschieber die Kraft F aus (Bild 3.8.4 a).

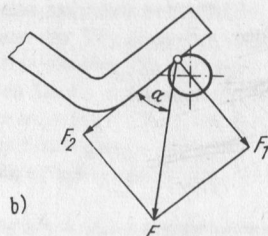
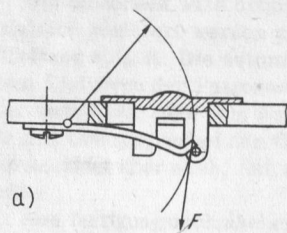


Bild 3.8.4
Sicherungsschieberfeder
a) Kraftwirkung
b) zerlegte Federkraft

F bildet mit der Wirkungsfläche den spitzen Winkel α (Bild 3.8.4 b). Aus diesem Grunde entsteht eine zweifache Wirkung, die erkannt wird, wenn F in die beiden Kraftkomponenten F_1 und F_2 zerlegt wird. F_1 ist senkrecht zur Wirkungsfläche gerichtet und schneidet daher die Achse des Schieberstifts, während F_2 parallel zur Wirkungsfläche verläuft und keinen Einfluß auf die Bewegung des Sicherungsschiebers ausüben kann.

F_1 wirkt nicht in Bewegungsrichtung des Sicherungsschiebers. Für die Bewegung des Sicherungsschiebers steht daher nur eine Teilkraft zur Verfügung, die durch Zerlegen von F_1 in zwei Komponenten ermittelt wird (Bild 3.8.5). F_1 bildet mit der Scheibe den Winkel β und ist in die beiden Komponenten F_3 und F_4 zu zerlegen. F_3 bewegt den Sicherungsschieber. F_4 preßt ihn auf die Scheibe und erzeugt bei der Bewegung des Sicherungsschiebers Gleitreibung zwischen Schieber und Scheibe.

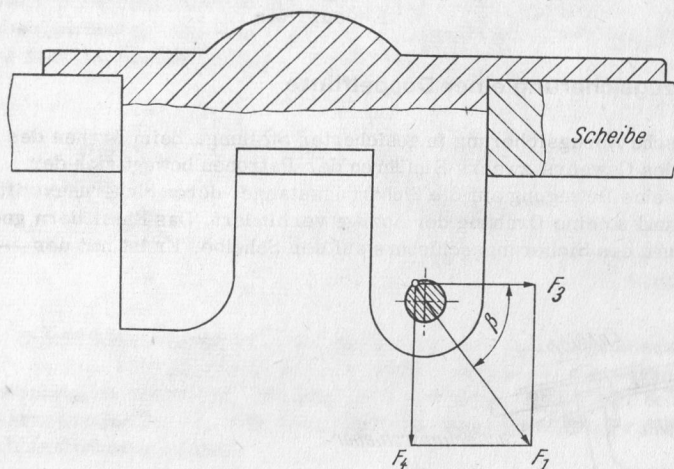


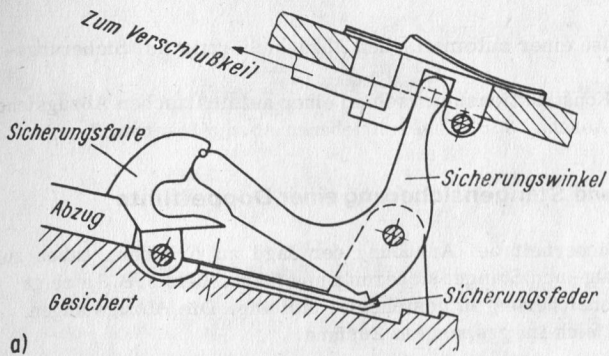
Bild 3.8.5
Kraftwirkungen am
Sicherungsschieber

Aufgaben

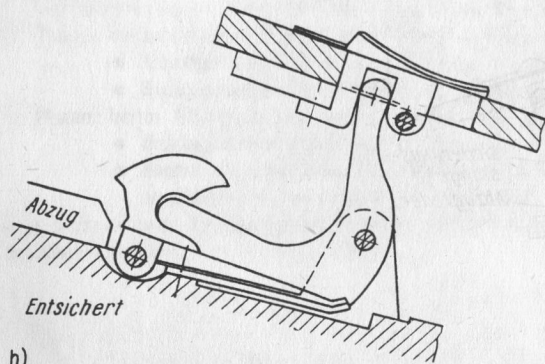
1. Aus welchem Grunde darf eine Gewehrsicherung nur in einer der beiden Grenzstellungen stehenbleiben?
2. Welche Aufgabe hat die Sicherungsschieberfeder zu erfüllen?
3. Erklären Sie, wo bei der Sicherungsschieberfeder der Angriffspunkt F liegt und wie die Richtung ihrer Wirkungsline ermittelt wird!
4. Wie ändern sich die Komponenten F_3 und F_4 bei Vergrößern des Winkels β ?
5. Welche Größe hat F_3 , wenn a) $\beta = 0^\circ$; b) $\beta = 90^\circ$ ist?
6. Nennen Sie Möglichkeiten der Veränderung des Winkels β !

3.8.5. Automatische Abzugsicherung mit Sicherungsfalle

Eine grundlegend andere Konstruktion der automatischen Abzugsicherung als die im Abschn. 3.8.4. beschriebene zeigt Bild 3.8.6, aus dem auch die Wirkungsweise dieser Sicherung zu erkennen ist.



a)



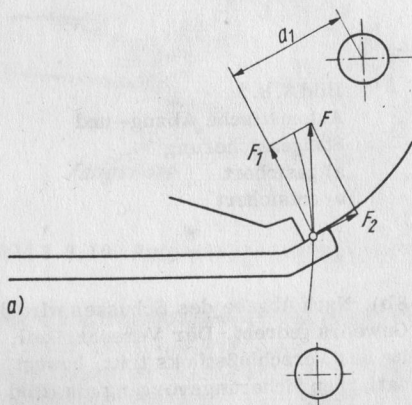
b)

Bild 3.8.6
Abzugsicherung mit
Sicherungsfall
a) gesichert
b) entsichert

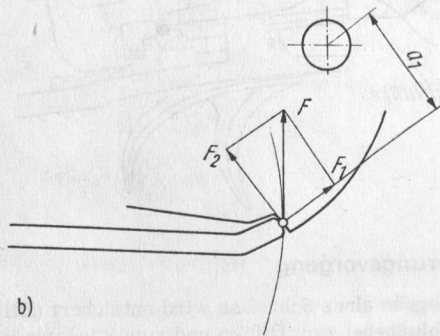
Beispiel

Es sind die Wirkungen der Sicherungsfeder in der gesicherten und entsicherten Stellung zu ermitteln.

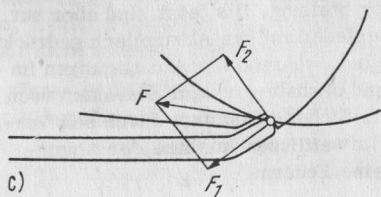
Lösung:



a)



b)



c)

Bild 3.8.7
Wirkungen der Sicherungsfeder
a) gesichert
b) entsichert
c) Gegenkräfte der Sicherungsfall

Aufgaben

1. Beschreiben Sie die Wirkungsweise einer automatischen Abzugsicherung mit Sicherungsfalle!
2. Worin besteht der grundlegende Konstruktionsunterschied einer automatischen Abzugsicherung mit Sicherungsfalle zur im Abschn. 3.8.4. beschriebenen Abzugsicherung?

3.8.6. Automatische Abzug- und Stangensicherung einer Doppelflinte

Die Bemühungen, das Gefühl der Sicherheit bei Ausübung der Jagd zu erhöhen, haben zur Konstruktion von automatischen Abzug- und Stangensicherungen geführt. Bild 3.8.8a zeigt eine automatische Abzug- und Stangensicherung in gesicherter Stellung. Die Abzugstangen sind eingerastet; das Schloß befindet sich im gespannten Zustand.

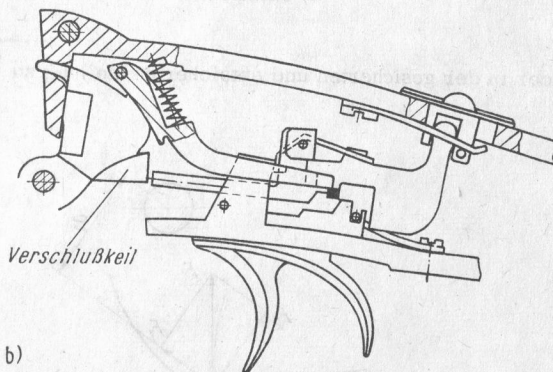
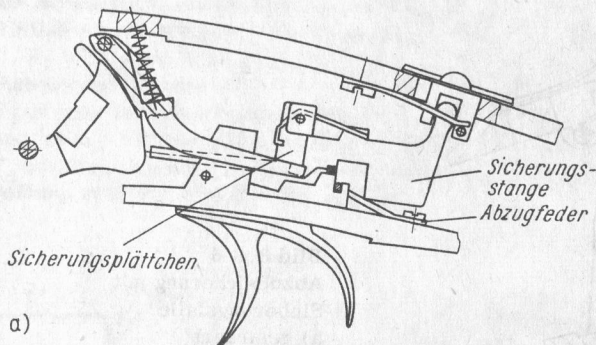


Bild 3.8.8
Automatische Abzug- und
Stangensicherung
a) gesichert
b) entsichert

Sicherungsvorgang

Vor Abgabe eines Schusses wird entsichert (Bild 3.8.8b). Nach Abgabe des Schusses wird der Verschußhebel zum Öffnen und zum Wiederladen des Gewehrs gedreht. Der Verschußkeil, der beim Drehen des Verschußhebels aus der Rückseite des Verschußstücks tritt, bewegt dabei den Sicherungsmechanismus und leitet den automatischen Sicherungsvorgang ein (Bild 3.8.9). Der Lauf ist noch nicht abgekippt; die Schlosse sind entspannt. Der Sicherungsschieber mit der Sicherungsstange befindet sich in gesicherter Stellung. Bis jetzt sind aber nur die Abzüge gesichert. Sie werden durch eine kleine Abzugfeder auf das Abzugblech gedrückt und behalten, unabhängig vom Schloßzustand, ihre Lage bei, während die Abzugstangen im entspannten Zustand höher liegen als im eingerasteten und deshalb vor dem Einrasten noch nicht gesichert werden können. Beim Zurückschieben der Sicherungsstange durch den Verschußkeil stoßen die beiden Sicherungsplättchen gegen die seitlichen Ansätze der Abzugstangen; die Plättchen drehen sich und spannen dabei kleine Federn.

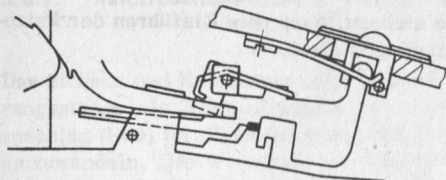


Bild 3.8.9
Nur Abzüge gesichert

Jetzt wird der Lauf abgekippt; die Schlagfedern werden gespannt, und die Abzugstangen rasten ein. Dabei senken sie sich, bis sie mit einem kleinen Spiel von etwa 0,3 mm über den Abzügen liegen. Nun können die kleinen, gespannten Federn die Sicherungsplättchen zurückdrehen und die Abzugstangen automatisch sichern. Die Patronen werden eingeführt. Am Gewehr sind Abzüge und Abzugstangen gesichert (Bild 3.8.8a).

Der Sicherungsvorgang erfolgt somit in zwei Phasen:

1. Phase: beim Drehen des Verschußhebels werden die
 - Abzüge automatisch gesichert,
 - Sicherungsplättchen gedreht und ihre Federn gespannt (Bild 3.8.9).
2. Phase: beim Abkippen des Laufs werden die
 - Schlagfedern gespannt (die Abzugstangen rasten ein),
 - Sicherungsplättchen durch ihre Federn zurückgedreht und die Abzugstangen automatisch gesichert (Bild 3.8.8a).

Eine andere Lösung des Problems der automatischen Abzug- und Stangensicherung ist in den Bildern 3.8.10 und 3.8.11 dargestellt.

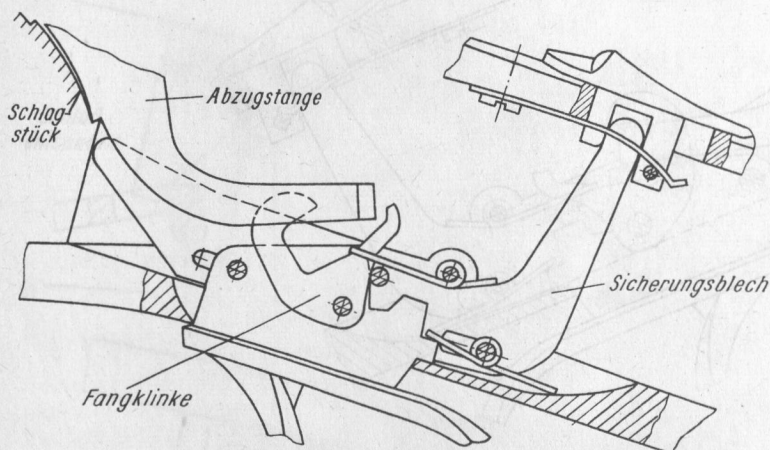


Bild 3.8.10. Automatische Abzug- und Stangensicherung (entsichert)

Der Sicherungsvorgang erfolgt dabei wie folgt:

1. Phase (Bild 3.8.11a)

Nach Abgabe des Schusses wird der Verschußhebel zum Öffnen des Gewehrs gedreht; der Verschußkeil tritt aus dem Verschußstück heraus und schiebt das Sicherungsblech mit dem Sicherungsschieber nach hinten. Dabei tritt der Sicherungsstift über die Abzüge und sichert sie, während sich die Fangklinke nur an die seitlichen Ansätze der Abzugstangen legt, sie aber nicht sichert. Die Feder der Fangklinke ist gespannt.

2. Phase (Bild 3.8.11b)

Nach dem Drehen des Verschußhebels kippt der Lauf nach unten; die Abzugstangen rasten ein. Beim Einrasten senken sich die Abzugstangen und stehen nun mit einem Spiel von 0,3 mm über den Abzügen. Die Fangklinke kann nach dem Senken bzw. Einrasten ungehindert über die

seitlichen Ansätze der Abzugstangen treten und sie sichern. Nach dem Einführen der Patronen und dem Schließen des Gewehrs ist es automatisch gesichert.

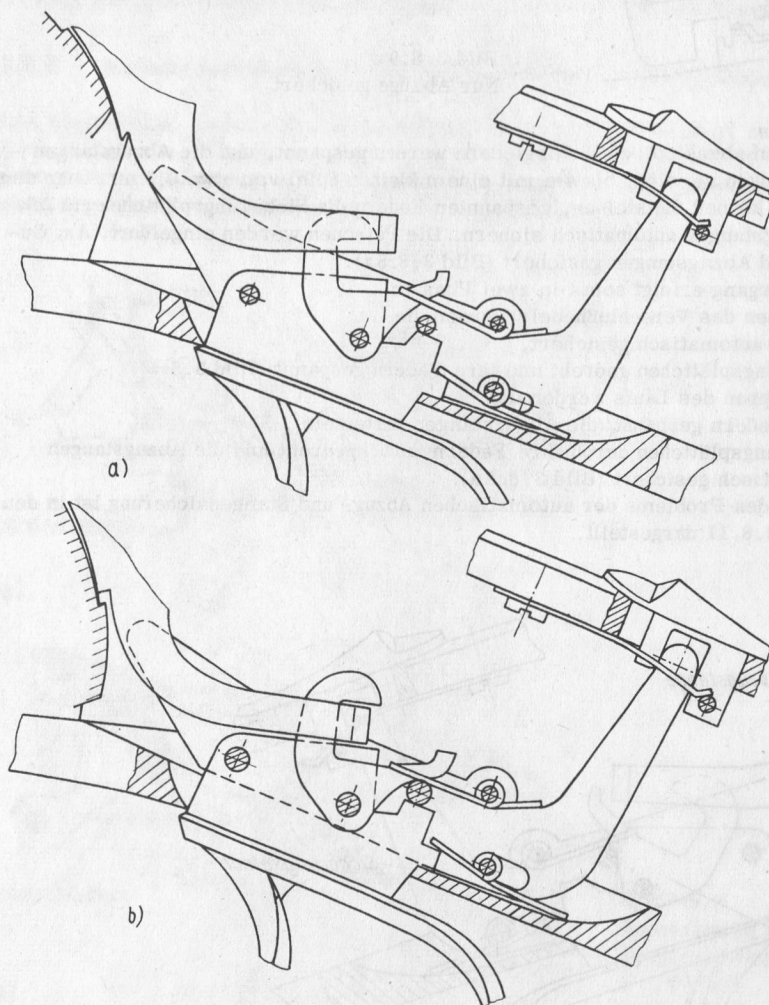


Bild 3.8.11. Automatische Abzug- und Stangensicherung
a) Abzüge gesichert; b) Abzugstangen gesichert

Aufgaben

1. Warum dürfen bei der Abzug- und Stangensicherung die Abzugstangen erst nach dem Eintreten in die Schlagstückrast gesichert werden?
2. Woran ist der gesicherte Zustand eines Gewehrs zu erkennen?
3. Beschreiben Sie die Wirkungsweise der automatischen Abzug- und Stangensicherung einer Doppelflinte!

3.8.7. Nichtautomatische Abzug- und Stangensicherung einer Bockflinte

Das Sichern und Entsichern einer solchen Bockflinte geschieht von Hand. Durch eine Sicherungsstange als Verbindungselement zwischen Sicherungsschieber und Verschußhebelanschlag (Nuß) ist diese Sicherung leicht in eine automatische Abzug- und Stangensicherung umzuwandeln. Die Wirkungsweise dieser Sicherung entspricht der im Bild 3.8.8 dargestellten Abzug- und Stangensicherung einer Doppelflinte.

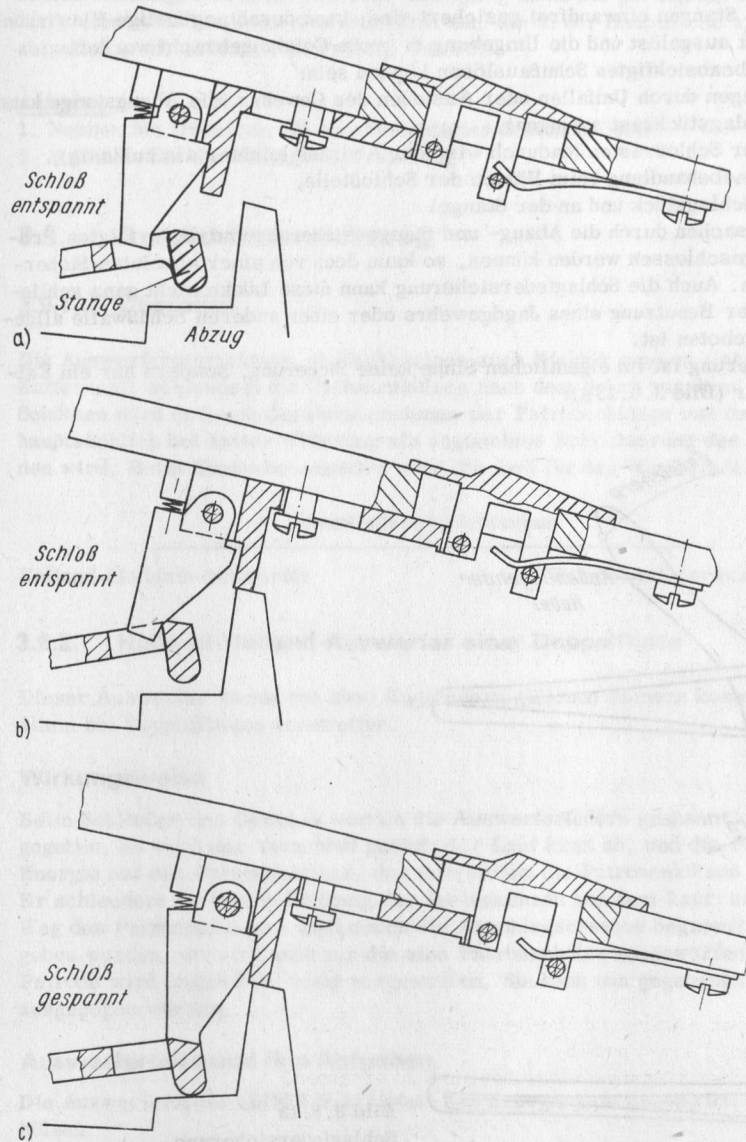


Bild 3.8.12. Automatische Abzug- und Stangensicherung
a) entsichert; b) Abzüge gesichert; c) gesichert

Aufgaben

1. Wann soll das Gewehr entschert werden?
2. Beschreiben Sie die Wirkungsweise der nichtautomatischen Abzug- und Stangensicherung einer Bockflinte!
3. Skizzieren Sie die Umwandlung der nichtautomatischen Sicherung (Bild 3.8.12) in eine automatische!

3.8.8. Schlagfedersicherung

Obwohl die Abzüge und Stangen einwandfrei gesichert sind, kann durch ungünstige Einwirkungen ein Schuß ungewollt ausgelöst und die Umgebung in große Gefahr gebracht werden.

Ursachen für ein unbeabsichtigtes Schußauslösen können sein:

- starke Erschütterungen durch Umfallen oder Anstoßen des Gewehrs (die Abzugstange kann dadurch aus der Schlagstückrast springen),
- starke Abnutzung der Schloßrasten (dadurch wird der Abdruck leichter als zulässig),
- unsachgemäße Wärmebehandlung beim Härten der Schloßteile,
- Materialfehler am Schlagstück und an der Stange.

Wenn auch diese Ursachen durch die Abzug- und Stangensicherung und die erfolgten Prüfungen weitgehend ausgeschlossen werden können, so kann doch von einer absoluten Sicherheit nicht die Rede sein. Auch die Schlagfedersicherung kann diese Lücke nicht ganz schließen, so daß bei jeglicher Benutzung eines Jagdgewehrs oder einer anderen Schußwaffe allgemein größte Vorsicht geboten ist.

Die Schlagfedersicherung ist im eigentlichen Sinne keine Sicherung, sondern nur ein Entspannen der Schlagfeder (Bild 3.8.13 a).

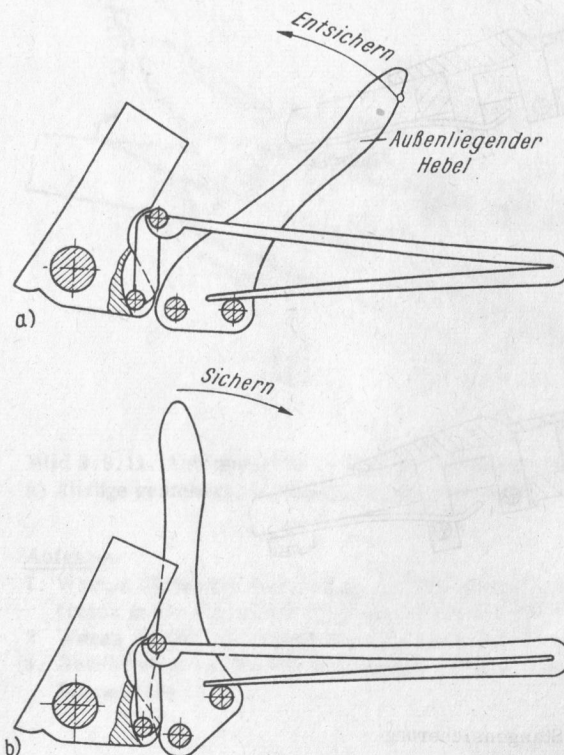


Bild 3.8.13
Schlagfedersicherung
a) gesichert
b) entsichert

Im entspannten Zustand ist ein ungewolltes Auslösen nicht möglich. Das Spannen der Feder geschieht kurz vor dem Schuß, z.B. durch Drehen eines außen am Verschußstück angebrachten Hebels (Bild 3.8.13b). Kann der Schuß nicht abgegeben werden, so wird die Feder vorsichtig durch Zurückdrehen des Hebels wieder entspannt. Die Schlagfedersicherung ist trotz ihrer Vorzüge weniger beliebt als die automatische Schiebersicherung. Das ist in der Hauptsache auf die unbequeme Handhabung zurückzuführen. Sie ist an modernen Jagdgewehren kaum noch anzutreffen.

Vorstehend wurden nur die Sicherungen beschrieben, die im Verlauf der Entwicklung die besten Wirkungen zeigten und deren Fertigung heute die geringsten Schwierigkeiten bereitet. Die vielen verschiedenen Ausführungsarten, die in der Hauptsache an älteren Jagdwaffen anzutreffen sind, stimmen im Prinzip überein.

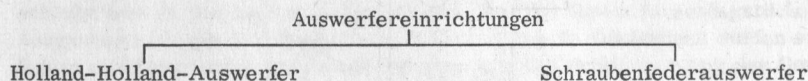
Aufgaben

1. Nennen Sie Ursachen für unbeabsichtigtes Schußauslösen!
2. Erklären Sie die Schlagfedersicherung!

3.9. Auswerfereinrichtung

3.9.1. Überblick

Die Auswerfereinrichtung, in Fachkreisen auch Ejektor genannt (lat. Ejection, gewaltsames Entfernen), schleudert die Patronenhülsen nach dem Schuß aus dem Patronenlager. Den Schützen wird dadurch das Herausnehmen der Patronenhülsen mit der Hand erspart, was hauptsächlich bei kalter Witterung als angenehme Erleichterung des Ladevorgangs empfunden wird. Beim Tontaubenschießen wird die Zeit für das Wiederladen verkürzt.



3.9.2. Holland-Holland-Auswerfer einer Doppelflinte

Dieser Auswerfer wurde von zwei Engländern gleichen Namens konstruiert. Er ist heute vor allem bei Doppelflinten anzutreffen.

Wirkungsweise

Beim Schließen des Gewehrs werden die Auswerferfedern gespannt. Sind beide Schüsse abgegeben, so wird der Verschuß gelöst; der Lauf kippt ab, und die Federn übertragen ihre Energie auf den Patronenzieher, der inzwischen die Patronenhülsen 4 mm angehoben hat. Er schleudert sie nun in Richtung der Seelenachsen aus dem Lauf; sie fallen zu Boden. Der Weg des Patronenziehers wird durch die Anschlagschraube begrenzt. Ist nur ein Schuß abgegeben worden, so wird auch nur die eine Patronenhülse ausgeworfen. Die nichtabgeschossene Patrone wird angehoben, nicht ausgeworfen. Sie kann nun gegebenenfalls mit der Hand herausgezogen werden.

Auswerferteile und ihre Aufgaben

Die Auswerferfeder (Bild 3.9.1) liefert die Energie zum Auswerfen der leeren Patronenhülsen.

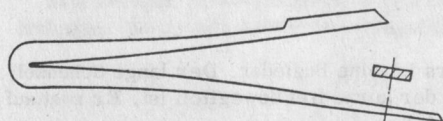


Bild 3.9.1
Auswerferfeder

Der Federspanner (Federheber) spannt die Auswerferfedern beim Schließen des Gewehrs (Bild 3.9.2).

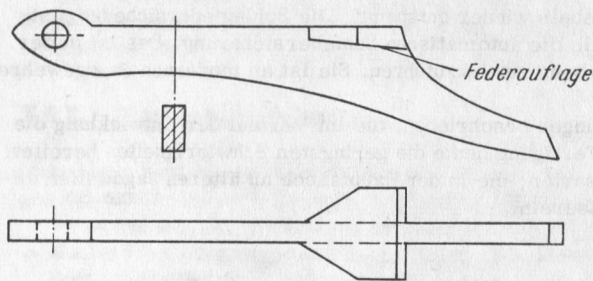


Bild 3.9.2
Federspanner

Der Spannzahn (Bild 3.9.3) überträgt die Drehbewegung des Verschußstücks während des Schließens auf den Federspanner. Er bildet ein Verbindungselement zwischen Verschußstück und Federspanner (Bild 3.9.6).

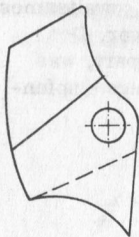


Bild 3.9.3. Spannzahn

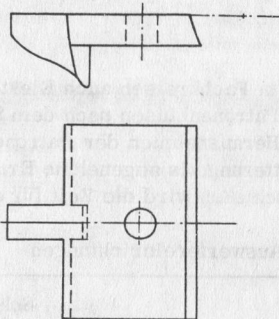


Bild 3.9.4. Seitenansicht des Auswerferschlagstücks

Das Auswerferschlagstück (Hähnchen) übernimmt die Federenergie und erteilt dem Patronenzieher den zum Auswerfen der Patronenhülsen erforderlichen Impuls (Bild 3.9.4).

Der Patronenzieher (Bild 3.9.5) hebt die Patrone bzw. Patronenhülse etwa 4 mm an und schleudert die Patronenhülsen, nicht die Patronen, aus dem Patronenlager. Er ist in Längsrichtung in zwei symmetrische Teile geteilt, damit er gegebenenfalls nur eine Patronenhülse auswerfen kann.

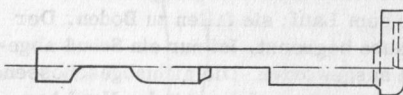


Bild 3.9.5
Auswerferpatronenzieher
(linke Hälfte)

Auswerfvorgang

Der Vorgang des Auswerfens vollzieht sich in den vier Phasen:

1. Spannen der Auswerferfeder
2. Verharren der Auswerferfeder im gespannten Zustand
3. Auslösen der Auswerferfeder
4. Auswerfen der Patronenhülsen.

Spannen der Auswerferfeder

Die Auswerferfeder des Holland-Holland-Auswerfers ist eine Bugfeder. Der lange Schenkel ist unbeweglich im Vorderschaft gelagert, während der kurze frei beweglich ist. Er ruht auf einem seitlichen Ansatz des Federspanners (Bild 3.9.6 a).

Der Spannzahn ist mit dem Verschlußstück durch eine Schraube fest verbunden und führt dessen Drehbewegung aus, die beim Schließen des Gewehrs auf den Federspanner und den kurzen freien Schenkel der Auswerferfeder übertragen wird (Bild 3.9.6 b). Der Abstand der Federschenkel wird dadurch verkleinert, die Feder gespannt.

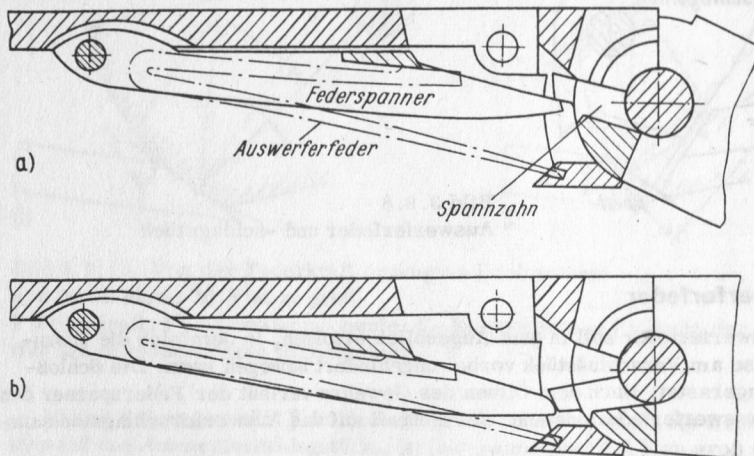


Bild 3.9.6. Spannen der Auswerferfeder
a) entspannt; b) gespannt

Beim Schließen des Gewehrs wird außerdem der Patronenzieher vom Stoßboden des Verschlußstücks in den Lauf zurückgeschoben, und die Auswerferschlagstücke werden in ihre Ausgangsstellungen zurückgebracht. Während des Zurückdrehens dürfen sie die Auswerferfedern nicht berühren, weil sonst der gleichmäßige Schließvorgang des Gewehrs ungünstig beeinflusst würde und der Verschleiß infolge Reibung zwischen Auswerferfedern und Auswerferschlagstücken zu groß wäre. Bild 3.9.7 zeigt Kraftwirkungen und Gleichgewichtsbedingungen am Federheber.

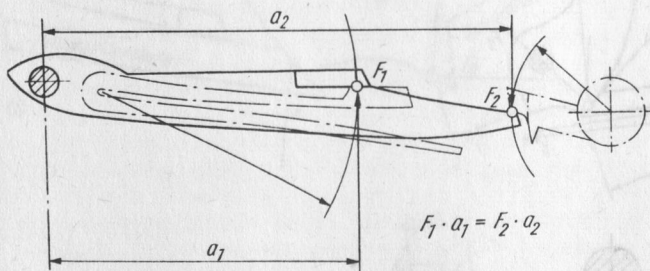


Bild 3.9.7. Kraftwirkungen am Federspanner

Verharren der Auswerferfeder im gespannten Zustand

Die Kraft F der Auswerferfeder wirkt bei geschlossenem Gewehr – das ist bei gespannter Feder – auf die Spannfläche des Federspanners (Bild 3.9.8).

Alle übrigen Auswerferteile, außer dem Spannzahn, auf dem der Federspanner ruht, sind entlastet. Zwischen Auswerferschlagstück und -feder ist ein kleines Spiel.

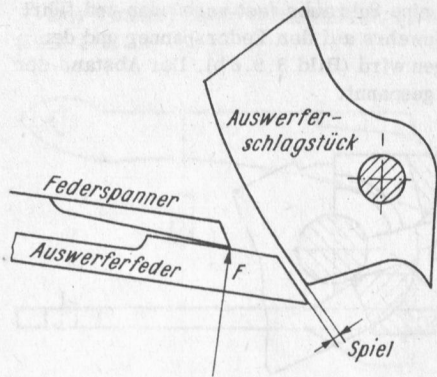


Bild 3.9.8
Auswerferfeder und -schlagstück

Auslösen der Auswerferfeder

Das Auslösen der Auswerferfeder soll in dem Augenblick erfolgen, in dem sich die auszuwerfende Patronenhülse am Verschußstück vorbei ungehindert bewegen kann. Die Schloßrasten sind vorher eingerastet. Nach dem Öffnen des Gewehrs verläßt der Federspanner den kurzen Schenkel der Auswerferfeder, der nun seine Kraft auf das Auswerferschlagstück ausübt (Bild 3.9.9a).

Die Federkraft muß so gerichtet sein, daß am Auswerferschlagstück jetzt noch kein Drehmoment entsteht; denn der Augenblick des Auswerfens kommt später. Die Wirkung der Federkraft ist von der Richtung der Wirkungsfläche abhängig und wird durch Zerlegen in zwei Komponenten erkennbar.

Die Wirkungsweise der Normalkomponente F_1 muß durch die Achse des Auswerferschlagstücks gehen, so daß der Hebelarm und damit das Drehmoment Null ist. Diese Forderung wird erfüllt, wenn die Wirkungsfläche der Feder tangential an den Kreis gerichtet ist, dessen Mittelpunkt auf der Achse des Auswerferschlagstücks liegt (Bild 3.9.9b).

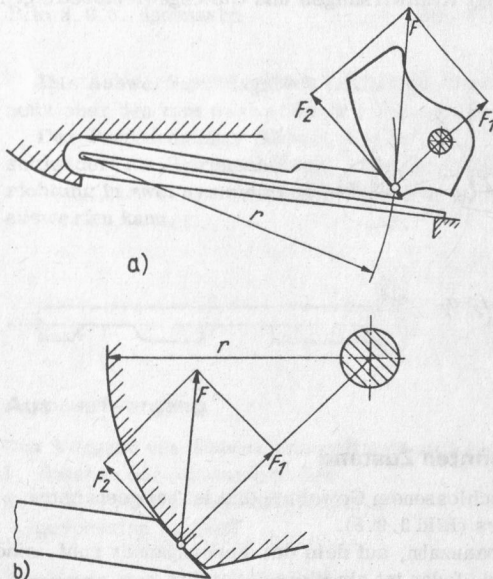


Bild 3.9.9
Zerlegen der Federkraft

Die Federkraft erzeugt ein Drehmoment (Bild 3.9.10).

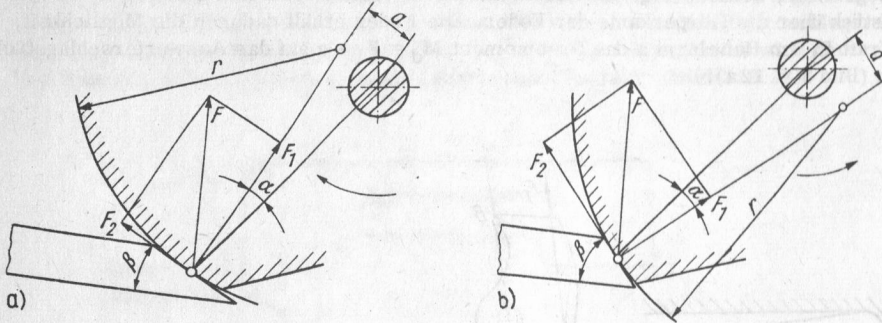


Bild 3.9.10. Von der Federkraft erzeugtes Drehmoment

a) β ist zu klein; b) β ist zu groß

F Federkraft; F_1 Normalkomponente; F_2 Komponente in Richtung der Federwirkungsfläche (für den Auslösevorgang wirkungslos)

Ist der Neigungswinkel β zu klein (Bild 3.9.10a), so wirkt ein Drehmoment im Uhrzeigersinn auf das Auswerferschlagstück. Ist der Neigungswinkel β zu groß (Bild 3.9.10b), so wirkt ein Drehmoment entgegen dem Uhrzeigersinn auf das Auswerferschlagstück.

Wird nun das Gewehr weiter geöffnet, so tritt der Spannhebel aus dem Vorderschaft und übt die Kraft F_S auf das Schlagstück aus, die es langsam im Uhrzeigersinn dreht (Bilder 3.9.11a und 3.9.21c).

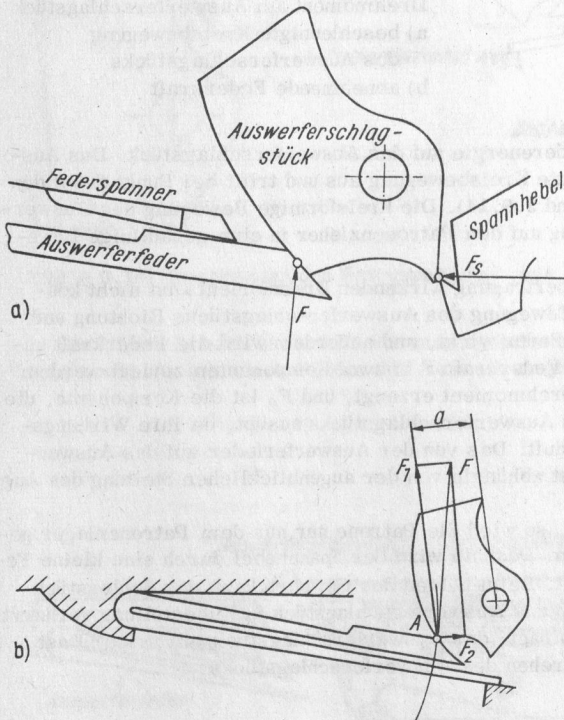


Bild 3.9.11

Auslösen des Spannhebels

a) Kraft des Spannhebels

b) Augenblick des Auslösens

Im Augenblick des Auslösens stehen sich im Punkt A zwei Flächen gegenüber (Bild 3.9.11b). Die Lage dieser Flächen bestimmt den Zeitpunkt des Auslösens. Eine Veränderung verzögert oder beschleunigt das Auslösen. Im nächsten Augenblick gleitet das Auswerferschlagstück über die Körperkante der Feder. Die Feder erhält dadurch die Möglichkeit, mit der Kraft F_1 am Hebelarm a das Drehmoment $M_d = F_1 \cdot a$ auf das Auswerferschlagstück auszuüben (Bild 3.9.12a).

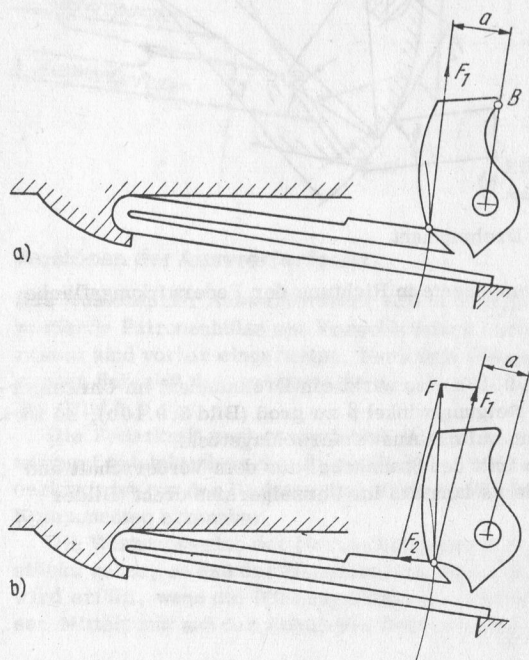


Bild 3.9.12

Drehmoment am Auswerferschlagstück

a) beschleunigte Kreisbewegung
des Auswerferschlagstücks

b) abnehmende Federkraft

Jetzt beginnt die Übertragung der Federenergie auf das Auswerferschlagstück. Das Auswerferschlagstück führt eine beschleunigte Kreisbewegung aus und trifft bei Punkt B auf den Patronenzieherschaft (Bilder 3.9.12a und 3.9.14). Die kreisförmige Bewegung des Auswerferschlagstücks wird bei der Übertragung auf den Patronenzieher in eine geradlinige Bewegung umgewandelt.

Die Größe des während der Energieübertragung wirkenden Drehmoments ist nicht konstant, weil sich mit der kreisförmigen Bewegung des Auswerferschlagstücks Richtung und Lage der Fläche verändern, auf die die Feder wirkt, und außerdem wird die Federkraft geringer (Bild 3.9.12b). Deshalb muß die Federkraft F in zwei Komponenten zerlegt werden: F_1 ist die Normalkomponente, die das Drehmoment erzeugt, und F_2 ist die Komponente, die keinen Einfluß auf die Drehbewegung des Auswerferschlagstücks ausübt, da ihre Wirkungslinie in Richtung der Angriffsfläche verläuft. Das von der Auswerferfeder auf das Auswerferschlagstück ausgeübte Drehmoment ist abhängig von der augenblicklichen Stellung des Auswerferschlagstücks.

Ist der Schuß nicht abgegeben worden, so wird die Patrone nur aus dem Patronenlager gehoben; sie darf nicht ausgeworfen werden. Deshalb wird der Spannhebel durch eine kleine Federkraft (Bild 3.9.15) nach unten gedreht. Beim Öffnen des Gewehrs kann das Schlagstück den Spannhebel nicht drehen, so daß auch das Auswerferschlagstück in Ruhestellung verharrt. Der Spannhebel fängt, wie der Fachmann sagt, das Auswerferschlagstück mit seiner Rast (Bild 3.9.19) und verhindert somit ein Drehen des Auswerferschlagstücks.

Auswerfen der Patronenhülsen

Der Patronenzieher, der die Patronenhülsen inzwischen gelockert und angehoben hat, überträgt seine Bewegung auf die Patronenhülsen. Sie werden aus dem Patronenlager herausgezogen und fallen im Bogen zur Erde. Der Weg s des Patronenziehers wird durch die Patronenzieherbegrenzungsschraube (Anschlagschraube) begrenzt (Bild 3.9.14).

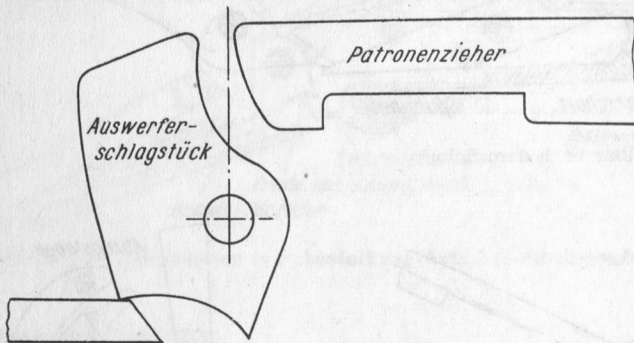


Bild 3.9.13. Auswerferschlagstück und Patronenzieher

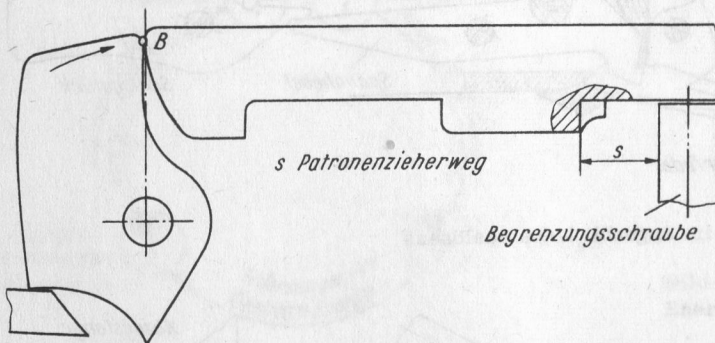


Bild 3.9.14. Begrenzung des Patronenzieherwegs

Die Bilder 3.9.15 bis 3.9.19 veranschaulichen die Anordnung der Auswerfer- und Schloßteile sowie die einzelnen Phasen des Auswerfvorgangs am Holland-Holland-Auswerfer.

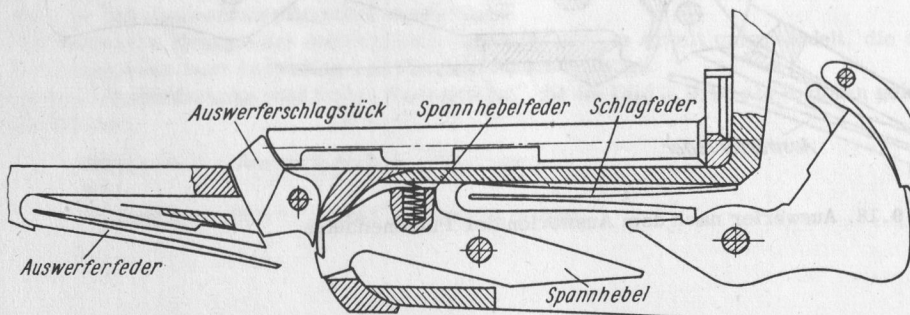


Bild 3.9.15. Auswerfer vor dem Schuß

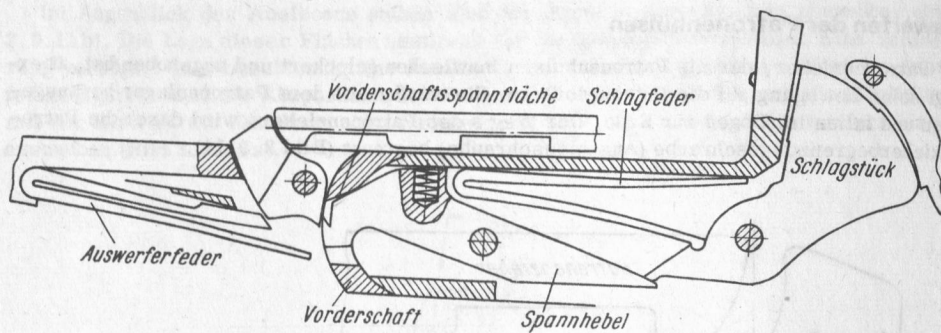


Bild 3.9.16. Auswerfer unmittelbar nach dem Schuß

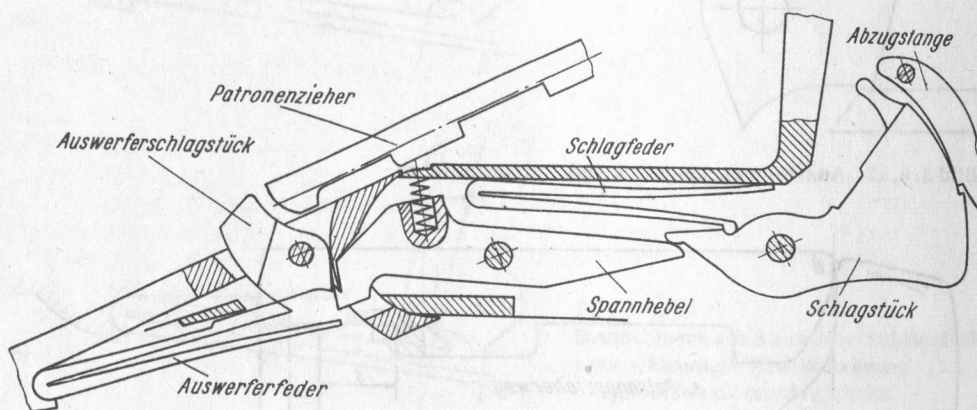


Bild 3.9.17. Auswerfer im Augenblick des Auslösens

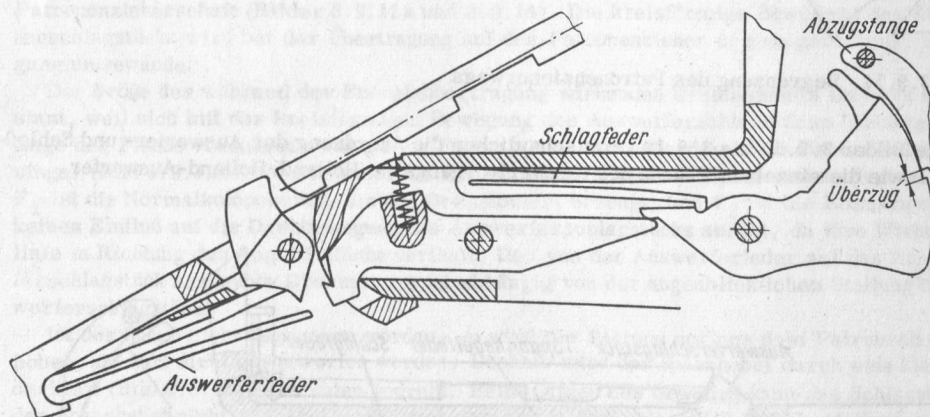


Bild 3.9.18. Auswerfer nach dem Auswerfen der Patronenhülse

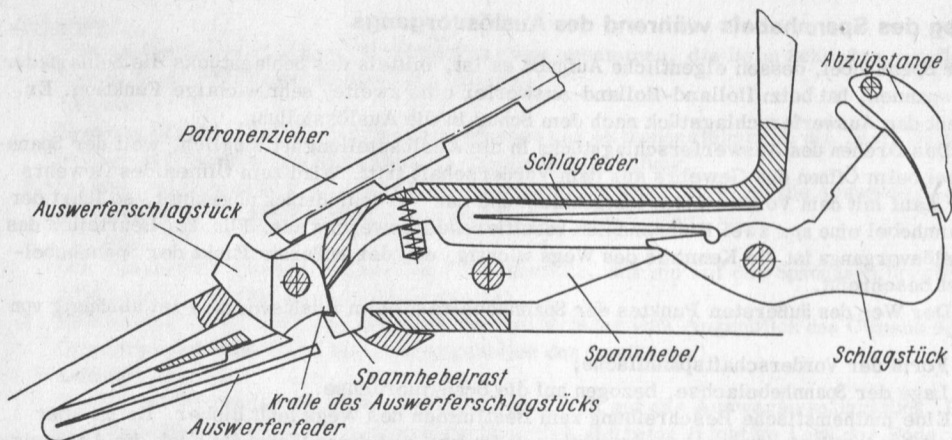


Bild 3.9.19. Auswerfer in Ruhestellung (Schuß nicht abgegeben)

Energieverlauf

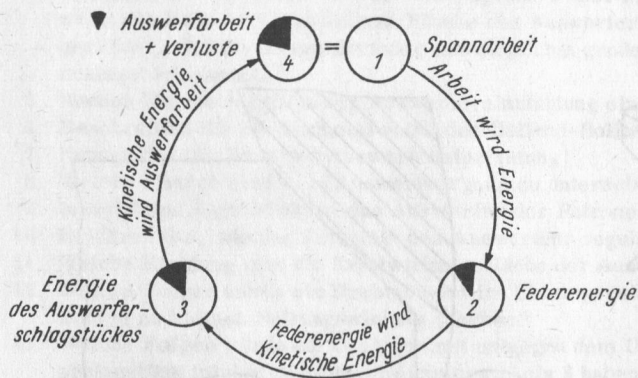


Bild 3.9.20
Energieverlauf

Der Energieverlauf einer Auswerfereinrichtung des Prinzips Holland-Holland gliedert sich in vier Phasen:

1. Die Federspannarbeit wird beim Schließen des Gewehrs verrichtet.
2. In der gespannten Feder wird Federenergie - Energie der Lage (potentielle Energie) - gespeichert.
3. Im Augenblick des Auslösens erfolgt die Umwandlung der Federenergie in kinetische Energie, die das Auswerferschlagstück übernimmt.
4. Die kinetische Energie des Auswerferschlagstücks wird in Arbeit umgewandelt, die der Patronenzieher zum Auswerfen der Patronenhülsen benötigt.

Bei jedem Umwandlungsprozeß treten Verluste auf, die im Bild 3.9.20 als Sektoren gekennzeichnet sind:

Spannarbeit = Auswerferarbeit + Verluste
bzw.

Spannarbeit · Wirkungsgrad = Auswerferarbeit.

Weg des Spannhebels während des Auslösvorgangs

Der Spannhebel, dessen eigentliche Aufgabe es ist, mittels des Schlagstücks die Schlagfeder zu spannen, hat beim Holland-Holland-Auswerfer eine zweite, sehr wichtige Funktion. Er dreht das Auswerferschlagstück nach dem Schuß in die Auslösstellung.

Das Drehen des Auswerferschlagstücks in die Auslösstellung ist möglich, weil der Spannhebel beim Öffnen des Gewehrs aus dem Vorderschaft tritt. Wird zum Öffnen des Gewehrs der Lauf mit dem Vorderschaft festgehalten und das Verschußstück abgekippt, so führt der Spannhebel eine aus zwei Komponenten resultierende Bewegung aus. Für das Beurteilen des Auslösvorgangs ist die Kenntnis des Wegs wichtig, den der äußerste Punkt der Spannhebelrast beschreibt.

Der Weg des äußersten Punktes der Spannhebelrast beim Auslösvorgang ist abhängig von der

- Form der Vorderschaftspannfläche;
- Lage der Spannhebelachse, bezogen auf die Scharnierachse.

Eine mathematische Beschreibung zum Bestimmen des Wegs fehlt bisher. Es ist aber möglich, die Wegform durch Konstruktion zu finden. Auf diese Weise ist auch die Abhängigkeit des Wegs von den beiden Faktoren zu ermitteln.

Bild 3.9.21 a zeigt die kreisförmige Bewegung des Spannhebels zusammen mit dem Verschußstück um die Scharnierachse beim Öffnen des Gewehrs ohne Einwirkung des Vorder-schafts.

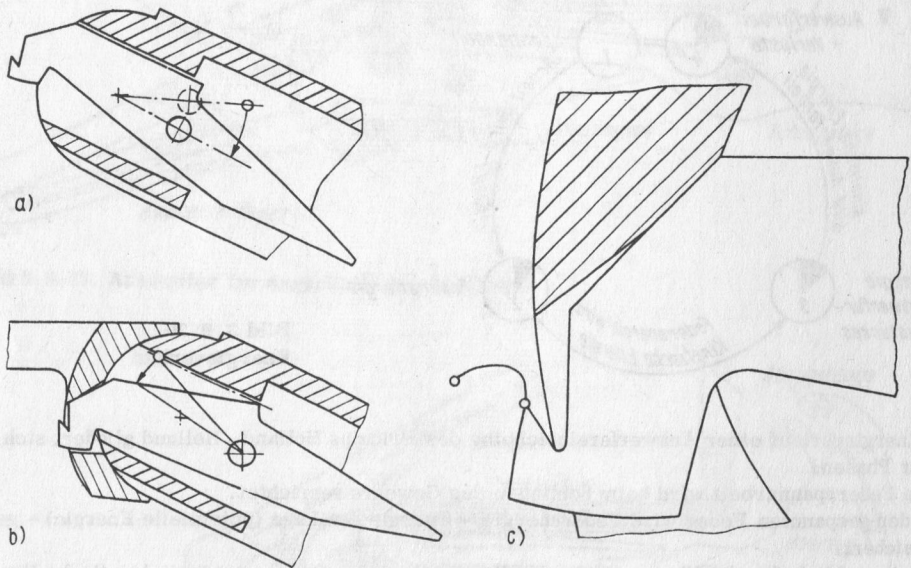


Bild 3.9.21. Bewegung des Spannhebels

Bild 3.9.21 b zeigt die kreisförmige Bewegung des Spannhebels um die Spannhebelachse, hervorgerufen durch die Spannfläche des Vorderschafts. Bild 3.9.21 c zeigt den Weg eines Spannhebelpunktes, der sich aus den beiden Bewegungskomponenten ergibt. Der Weg dieses Punktes ist wichtig, weil der Spannhebel an dieser Stelle das Auswerferschlagstück nach dem Schuß dreht und bei nicht erfolgtem Schuß fängt.

Konstruktiv ist der Weg zu finden, wenn der Spannhebel zusammen mit dem Vorderschaft und dem Verschußstück in mehreren Stellungen, d. h. bei verschiedenen großen Öffnungswinkeln, gezeichnet wird.

Aufgaben

1. Fassen Sie Ihre Kenntnisse über die Vorgänge zusammen, die beim Schließen des Gewehrs an der Auswerfereinrichtung ablaufen!
Lösung:
Spannen der Auswerferfeder; Zurückschieben des Patronenziehers in den Lauf; Zurückdrehen der Auswerferschlagstücke in die Ausgangsstellung.
2. Welche Auswerferteile sind durch die Federkraft belastet, solange die Auswerferfeder im gespannten Zustand verharrt und das Gewehr geschlossen ist?
Lösung:
Die Federkraft wirkt direkt auf den Federspanner, der sie auf den Spannzahn überträgt. Alle anderen Auswerferteile sind entlastet.
3. Erläutern Sie den Auslösvorgang der Auswerferfeder vom Augenblick des Öffnens des Gewehrs nach dem Schuß bis zum Augenblick des Auslösens!
Lösung:
Nach dem Öffnen des Gewehrs wirkt die Federkraft auf das Auswerferschlagstück. Dabei darf kein Drehmoment am Auswerferschlagstück auftreten (richtige Lage der Federwirkungsfläche). Der Spannhel tritt während des Öffnens aus dem Vorderschaft und dreht das Auswerferschlagstück, bis sich die beiden Körperkanten (Auswerferschlagstück und -feder) gegenüberstehen.
4. Erläutern Sie den Vorgang des Auswerfens der Patronenhülsen!
Lösung:
Nachdem die Kante des Auswerferschlagstücks über die der Feder hinweggetreten ist, wirkt die Feder auf eine andere Fläche des Auswerferschlagstücks. Diese Fläche ist so gerichtet, daß die Auswerferfeder ein möglichst großes Drehmoment auf das Auswerferschlagstück ausübt.
5. Nennen Sie die Aufgaben der Auswerfereinrichtung einer Doppelflinte!
6. Beschreiben Sie die Wirkungsweise des Holland-Holland-Auswerfers!
7. Nennen Sie die Teile der Auswerfereinrichtung!
8. Welche Phasen sind beim Auswerfvorgang zu unterscheiden?
9. In welchem Augenblick hat das Auswerfen der Patronenhülsen zu erfolgen?
10. Erklären Sie, wie der Zeitpunkt des Auswerfens reguliert werden kann!
11. Welche Richtung muß die Kraftwirkungsfläche der Auswerferfeder haben?
12. Welche Folgen würde ein Drehmoment im Uhrzeigersinn auf das Auswerferschlagstück infolge zu kleinen Neigungswinkels β haben?
13. Welche Folgen würde ein Drehmoment entgegen dem Uhrzeigersinn auf das Auswerferschlagstück infolge zu großen Neigungswinkels β haben?
14. Welches der beiden Drehmomente (Aufgabe 12 und 13) darf nicht eintreten?
15. Beschreiben Sie die Veränderung des Drehmoments während der Energieübertragung bei Auslösen der Auswerferfeder!
16. Beschreiben Sie den Energieverlauf an der Auswerfereinrichtung!
17. Wovon ist die Form des Wegs abhängig, den der äußerste Punkt der Spannhelbelast zurücklegt?

3.9.3. Schraubenfederauswerfer einer Bockflinte

Auswerferteile und ihre Aufgaben

Die Auswerferfeder ist eine Schraubendruckfeder (Bild 3.9.22). Sie liefert die Energie zum Auswerfen der Patronenhülse. Ihre Kraft wirkt direkt auf den Patronenzieher.

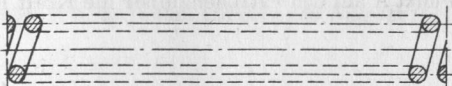


Bild 3.9.22. Schraubendruckfeder

Die Auswerferkralle (Bild 3.9.23) hält den Patronenzieher, nachdem er die Patronen bzw. -hülsen etwa 5,2 mm angehoben hat, bis zum Augenblick des Auslösens fest (Bild 3.9.28 a). An ihrer Rast kann der Augenblick des Auslösens reguliert werden.

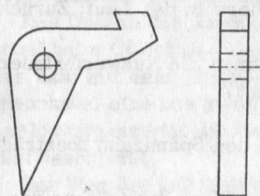


Bild 3.9.23
Auswerferkralle

Der Patronenzieher (Bild 3.9.24) hebt die Patronenhülse etwa 5,2 mm aus dem Lager und wirft sie im gegebenen Augenblick vollständig heraus. Ist der Schütze nicht zum Schuß gekommen, so hebt der Patronenzieher die Patronen nur aus dem Lager, damit sie mit der Hand herausgenommen werden können. Beim Schließen des Gewehrs spannt er die Auswerferfeder.

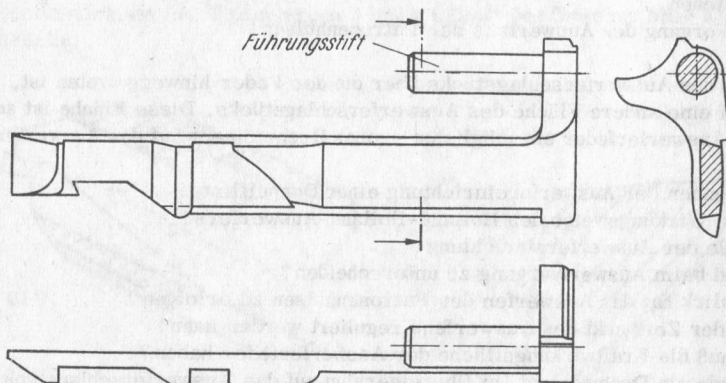


Bild 3.9.24. Patronenzieher für Bockauswerfer

Auswerfvorgang

Der Vorgang des Auswerfens gliedert sich beim Schraubenfederauswerfer einer Bockflinte wie beim Holland-Holland-Auswerfer einer Doppelflinte (s. Abschn. 3.9.2.) in vier Phasen.

Spannen der Auswerferfeder

Nach dem Auswerfen der Patronenhülse wird das Gewehr geschlossen. Der Scharnieransatz des Verschußstücks übt auf den Patronenzieher eine Kraft aus, die ihn in die Ruhestellung zurück bewegt. Der Patronenzieher spannt dabei die Auswerferfeder. Die Rast der Auswerferkralle tritt in die Rast des Patronenziehers. Nach dem Rasteintritt legt der Patronenzieher noch einen Weg von 5,2 mm zurück. Bild 3.9.25 veranschaulicht den Spannvorgang, der bei einem Öffnungswinkel von etwa 43° beginnt.

Kraftwirkungen beim Spannen der Auswerferfeder

Der Scharnieransatz des Verschußstücks übt im Punkt A auf den Patronenzieher die Kraft F aus (Bild 3.9.27).

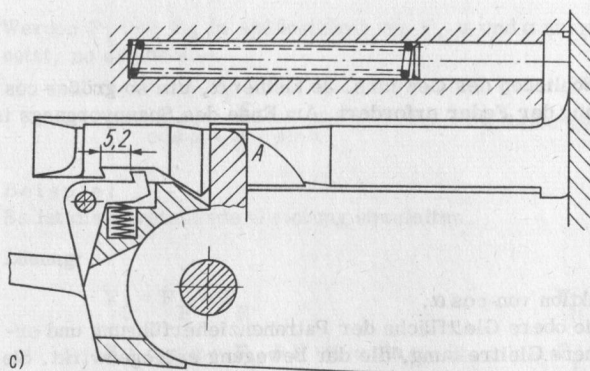
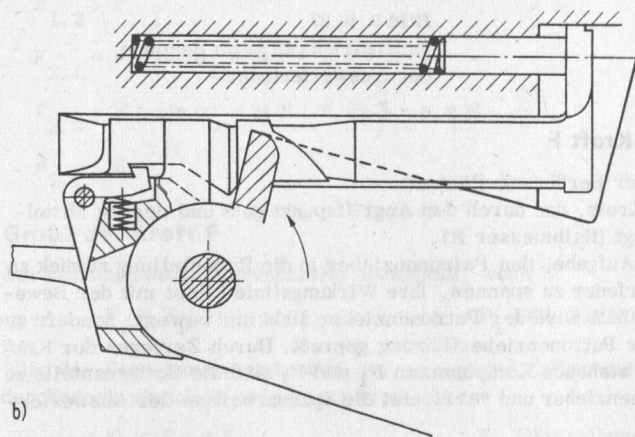
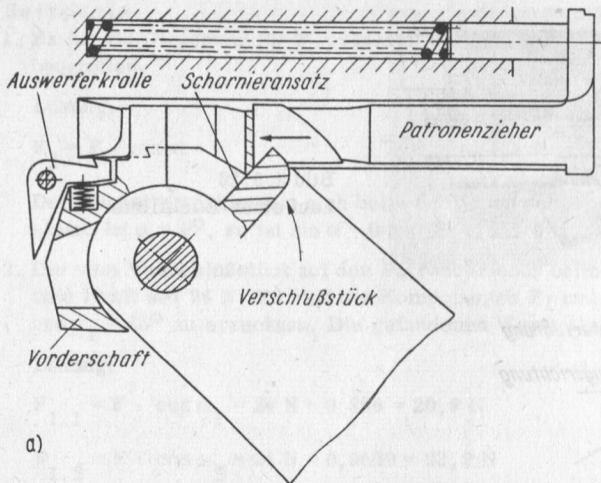


Bild 3.9.25. Spannvorgang der Auswerferfeder

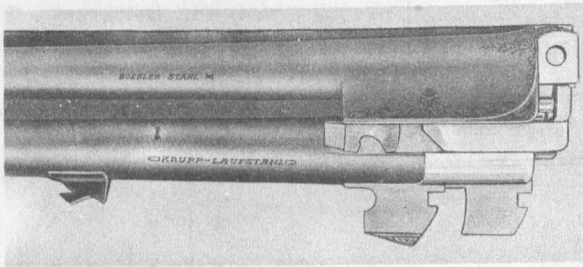


Bild 3.9.26
Lauf einer Bockflinte

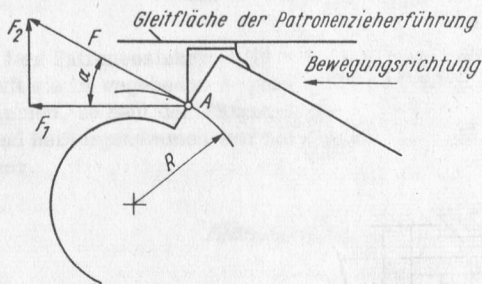


Bild 3.9.27
Kraftwirkungen beim Spannen
der Auswerferfeder

Merkmale und Wirkung der Kraft F

Angriffspunkt: A (Schwerpunkt der Berührungsflächen).

Richtung: Tangential an den Kreis, der durch den Angriffspunkt geht und dessen Mittelpunkt auf der Scharnierachse liegt (Halbmesser R).

Wirkung: Die Kraft F hat die Aufgabe, den Patronenzieher in die Ruhestellung zurück zu bewegen und dabei die Auswerferfeder zu spannen. Ihre Wirkungslinie bildet mit der Bewegungsrichtung den Winkel α . Deshalb wird der Patronenzieher nicht nur bewegt, sondern auch noch an die obere Gleitfläche der Patronenzieherführung gepreßt. Durch Zerlegen der Kraft F in zwei senkrecht aufeinander stehende Komponenten F_1 und F_2 sind die Größenanteile zu erkennen. F_1 bewegt den Patronenzieher und verrichtet die Spannarbeit an der Auswerferfeder.

Ihre Größe ist

$$F_1 = F \cdot \cos \alpha.$$

Der Winkel α verkleinert sich beim Schließen des Gewehrs. Je kleiner α , um so größer $\cos \alpha$ und damit F_1 , wie es der Spannvorgang der Feder erfordert. Am Ende des Spannvorgangs ist $\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$.

Für $\alpha = 0^\circ$ ist

$$F_1 = F \cdot 1$$

$$F_1 = F.$$

Die Komponente F_1 ist also eine Funktion von $\cos \alpha$.

F_2 preßt den Patronenzieher an die obere Gleitfläche der Patronenzieherführung und erzeugt bei Bewegung des Patronenziehers Gleitreibung, die der Bewegung entgegenwirkt. Sie bewirkt einen Kraft- bzw. Energieverlust.

Die Komponente F_2 ist eine Funktion von $\sin \alpha$. Sie verkleinert sich beim Schließen des Gewehrs. Ebenso verhält sich die Gleitreibung an der Patronenzieherführungsfläche. Mit fortschreitendem Spannvorgang verkleinert sich die Reibung an der Patronenzieherführungsfläche.

Beispiele

1. Es ist die Gleichung für F_2 aufzustellen und anhand der Gleichung der Verlauf von F_2 zu beurteilen.

Lösung:

$$F_2 = F \cdot \sin \alpha$$

Der Winkel α verkleinert sich beim Schließen des Gewehrs. Je kleiner α , um so kleiner $\sin \alpha$. Ist $\alpha = 0^\circ$, so ist $\sin \alpha = 0$ und $F_2 = F \cdot 0 = 0$.

2. Die vom Verschlußstück auf den Patronenzieher beim Spannen der Auswerferfeder ausgeübte Kraft sei 24 N. Es sind die Komponenten F_1 und F_2 für die Öffnungswinkel $\alpha_1 = 30^\circ$ und $\alpha_2 = 15^\circ$ zu errechnen. Die gefundenen Werte sind miteinander zu vergleichen.

Lösung:

$$F_{1.1} = F \cdot \cos \alpha_1 = 24 \text{ N} \cdot 0,866 = 20,8 \text{ N}$$

$$F_{1.2} = F \cdot \cos \alpha_2 = 24 \text{ N} \cdot 0,9659 = 23,2 \text{ N}$$

$$F_{1.2} > F_{1.1}$$

$$F_{2.1} = F \cdot \sin \alpha_1 = 24 \text{ N} \cdot 0,5 = 12 \text{ N}$$

$$F_{2.2} = F \cdot \sin \alpha_2 = 24 \text{ N} \cdot 0,2588 = 6,2 \text{ N}$$

$$F_{2.2} < F_{2.1}$$

Größe der Kraft F

Am Patronenzieher herrscht Gleichgewicht, wenn

$$F_1 = F_F \quad F_1 \text{ Federkraft.}$$

Wird der Patronenzieher bewegt, so erzeugt die Komponente F_2 Gleitreibung, die in Richtung der Federkraft wirkt und addiert wird. Es ist

$$F_1 = F_F + F_R \quad F_R \text{ Gleitreibung.}$$

Werden F_1 und F_R in Abhängigkeit von F , μ und α ausgedrückt und in die Gleichung eingesetzt, so ergibt sich

$$F = \frac{F_F}{\cos \alpha - \mu \cdot \sin \alpha} \quad \mu \text{ Reibungskoeffizient.}$$

Beispiel

Es ist die vorstehende Gleichung abzuleiten.

Lösung:

$$F_1 = F_F + F_R$$

$$F \cdot \cos \alpha = F_F + F \cdot \mu \cdot \sin \alpha$$

$$F (\cos \alpha - \mu \cdot \sin \alpha) = F_F$$

$$F = \frac{F_F}{\cos \alpha - \mu \cdot \sin \alpha}$$

$$F_R = \mu \cdot F_2 = \mu \cdot F \cdot \sin \alpha$$

$$F_1 = F \cdot \cos \alpha$$

Verharren der Auswerferfeder im gespannten Zustand

Das Gewehr ist geschlossen, die Auswerferfeder gespannt. Die Federkraft wirkt auf den Patronenzieher, der sie auf den Scharnieransatz des Verschußstücks überträgt (Bild 3.9.25 c). Beim Öffnen des Gewehrs wird der Patronenzieher durch den Scharnieransatz bei A und durch die Auswerferfeder um etwa 5,2 mm angehoben. Die Auswerferkralle verhindert eine weitere Bewegung. Der Patronenzieher befindet sich in Ruhe, bis der Augenblick des Auslösens gekommen ist.

Auslösen der Auswerferfeder

Beim weiteren Öffnen des Gewehrs nach dem Schuß tritt der Spannhebel aus dem Vorderschaft heraus und dreht die Auswerferkralle, die dadurch aus der Rast des Patronenziehers gleitet (Bild 3.9.28 a).

Auswerfen der Patronenhülsen

Ist der Augenblick des Auswerfens gekommen, so verläßt die Auswerferkralle den Patronenzieher. Er wird durch die Federkraft in beschleunigte Bewegung versetzt; die Federenergie wird in kinetische Energie umgewandelt. Der Weg des Patronenziehers wird durch den Vorderschaft begrenzt, während die Patronenhülsen ungehindert das Patronenlager verlassen und zu Boden fallen (Bild 3.9.28 b).

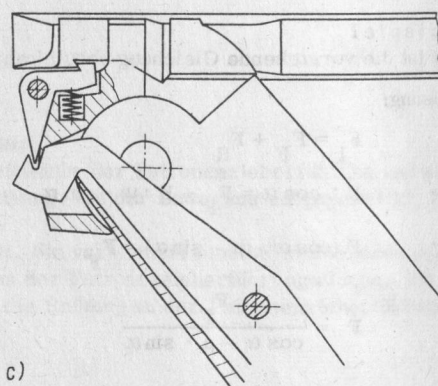
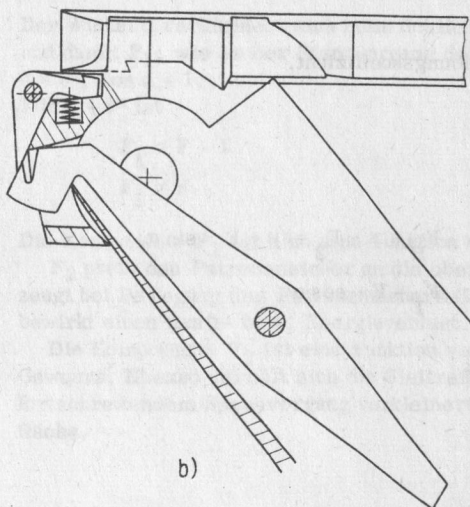
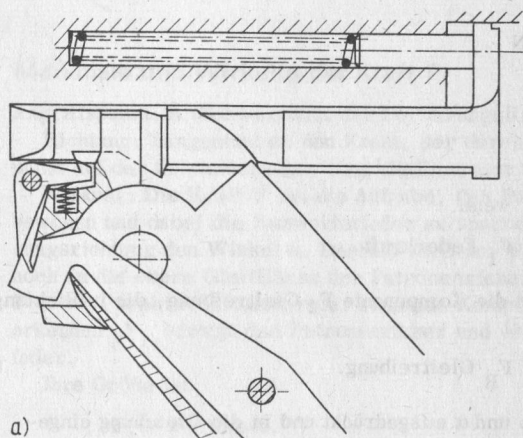


Bild 3.9.28

Auswerfeinrichtung

a) im Augenblick des Auslösens

b) nach Auswurf der Patronenhülse

c) nicht betätigt

Wird kein Schuß abgegeben, so darf die Patrone beim Öffnen des Gewehrs nur angehoben, aber nicht ausgeworfen werden. Der Weg des Patronenziehers wird durch die Rast der Auswerferkralle begrenzt, die jetzt in Ruhestellung bleiben muß. Damit der Spannhel beim Heraustreten aus dem Vorderschaft die Auswerferkralle nicht berührt, wird er durch eine kleine Blattfeder so gedreht, daß er sich zuerst an der Auswerferkralle vorbei bewegt und sie dann mit seiner Rast fängt, wie es auch beim Holland-Holland-Auswerfer der Fall ist (Bild 3.9.28 c).

Kraftwirkungen an der Auswerferkralle

F ist die Kraft der Auswerferfeder (Bild 3.9.29 a). Sie wirkt auf den Patronenzieher, der sie auf die Auswerferkralle überträgt. Das Verharren der Auswerferereinrichtung im gespannten Zustand ist ein Ruhe- oder Gleichgewichtszustand. Deshalb darf die Federkraft auf die Auswerferkralle kein Drehmoment ausüben. Die sich hieraus ergebenden konstruktionsbedingten Forderungen werden durch Untersuchung der Kraftwirkungen gefunden.

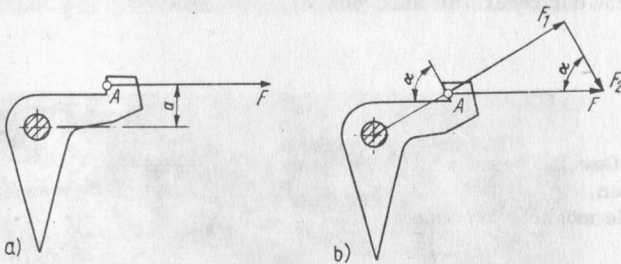


Bild 3.9.29
Kraftwirkungen an der
Auswerferkralle

Merkmale und Wirkung der Kraft F

Angriffspunkt: Schwerpunkt A der Angriffsfläche (Bild 3.9.29 b).

Richtung: Parallel zur Federachse.

Größe: Durch Versuch oder mit Hilfe der Federkonstanten und des Spannwegs zu ermitteln.

Wirkung: Ein Drehmoment an der Auswerferkralle wird verhütet, wenn die Kraftwirkungsline durch die Achse verläuft, d. h., wenn der Hebelarm der Kraft 0 ist. Im Bild 3.9.29 a, wo die Angriffsfläche senkrecht zur Kraftwirkungsline verläuft, ist dies nicht der Fall.

Es entsteht das Drehmoment $M_d = F \cdot a$ im Uhrzeigersinn. Zum Vermeiden dieses Drehmoments wird die Angriffsfläche der Kraft F so geneigt, daß sie senkrecht zur Verbindungslinie der Achse der Auswerferkralle mit dem Angriffspunkt A der Kraft verläuft (Bild 3.9.29 b). Jetzt wirkt die Kraft F unter dem Winkel α zur Angriffsfläche und ist in die Komponenten F_1 und F_2 zu zerlegen. Die Wirkungsline von F_1 schneidet die Achse der Auswerferkralle; der Hebelarm und damit das Drehmoment ist 0. F_2 ist parallel zur Angriffsfläche gerichtet und kann ebenfalls kein Drehmoment erzeugen. Daraus ergibt sich der Konstruktionsgrundsatz:

Verbindet man die Achse der Auswerferkralle mit den Angriffspunkt der Kraft, so muß die Wirkungsfläche an der Auswerferkralle senkrecht zu dieser Verbindungslinie gerichtet sein.

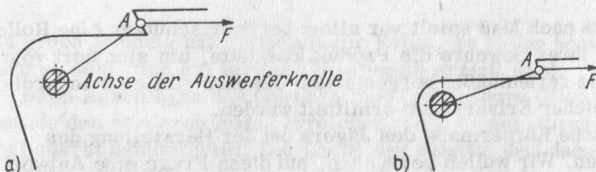


Bild 3.9.30
Lage der Rast an der
Auswerferkralle

Aufgaben

1. Nennen Sie die Hauptteile des Schraubenfederauswerfers!
2. Welche Aufgaben haben die Auswerferteile jeweils zu erfüllen?

3. Nennen Sie die Phasen des Auswerfvorgangs des Schraubenfederauswerfers einer Bockflinte!
4. Erläutern Sie den Spannvorgang der Auswerferfeder!
5. Erklären Sie die Kraftwirkung zwischen Scharnieransatz des Verschlussstücks und Spannfläche des Patronenziehers während des Spannvorgangs!
6. Wie groß ist F_2 beim Spannen der Auswerferfeder, wenn $\alpha = 0^\circ$ ist?
7. Stellen Sie die Abhängigkeit der Komponenten F_1 und F_2 von Winkel α im Koordinatensystem dar! Auf der Ordinatenachse ist die Kraft, auf der Abszissenachse der Winkel aufzutragen. F sei während des Spannvorgangs konstant 30 N. Beginn des Spannvorgangs bei 45° , Kurvenpunkte von 10° zu 10° (Maßstäbe: 1 N $\cong$ 20 mm; $1^\circ \cong$ 1 mm).
8. Wie wird der Augenblick des Auswerfens reguliert?
9. Erläutern Sie das Auslösen der Auswerferfeder!
10. Erklären Sie, wie es erreicht wird, daß die Patrone bei nicht abgegebenem Schuß beim Öffnen des Gewehrs nur angehoben, aber nicht ausgeworfen wird!
11. Wie lautet der Konstruktionsgrundsatz, der die Beziehung zwischen Achse der Auswerferkralle und der Angriffsfläche der Federkraft ausdrückt?

3.10. Gewehrschaft

Der Gewehrschaft soll

- zur bequemen Handhabung des Gewehrs beitragen,
- ein schnelles Zielen ermöglichen,
- die Rückstoßwirkung so weit wie möglich vermindern.

Geschichtliches

Die Tanneberger Büchse (Bild 5.1), die vermutlich erste Handfeuerwaffe in Europa, wurde an einem einfachen Stück Rundholz gehalten, das an der Rückseite des Rohrs in eine entsprechende Bohrung gesteckt wurde. Von diesem glatten Stück Rundholz ist die heute übliche Bezeichnung „Schaft“ abzuleiten. Die äußere Form hat sich völlig verändert, aber die Aufgaben sind geblieben. Am Luntengewehr findet man bereits ein der heutigen Schaftform ähnliches Stück Hartholz, das im Verlauf der Entwicklung dem menschlichen Körper immer zweckentsprechender angepaßt wurde.

Schaftmaße

Der Schütze und Jäger will bei Ausübung der Jagd oder des Schießsports, vor allem beim Schrotschuß auf flüchtiges Wild, so schnell wie möglich zum Schuß kommen. Voraussetzung dafür ist eine gute Schaftlage. Die richtigen Schaftmaße - Voraussetzung für richtige Schaftlage - sind vom Körperbau abhängig.

Die zweckmäßigen Schaftmaße können ermittelt werden durch

- Probeschießen mit Gewehren verschiedener Schaftmaße,
- „Maßnahmen“ (verschiedene Körpermaße dienen zum Ermitteln der Schaftmaße),
- Probeanschlagen mit einem Maßgewehr (Gelenkgewehr). Das Maßgewehr ist ein mit Gelenken und Führungen versehenes Modellgewehr, das ein beliebiges Verändern der Schaftmaße entsprechend dem Körperbau und den Gewohnheiten des Schützen gestattet (Bild 3.10.1).

Das Anfertigen des Gewehrschafts nach Maß spielt vor allem bei Sportschützen eine Rolle. Sie besuchen deshalb bei Bestellung ihres Gewehrs die Produktionsstätte, um sich dort vom Fachmann beraten zu lassen. Für die serienmäßig hergestellten Gewehre gibt es standardisierte Schaftmaße, die auf Grund reicher Erfahrungen ermittelt wurden.

Dabei erhebt sich die Frage, welche Körpermaße des Jägers bei der Herstellung des Schafts berücksichtigt werden müssen. Wir wollen versuchen, auf diese Frage eine Antwort zu finden.

Die Visierlinie, auf deren Verlängerung nach hinten das Zielauge gebracht werden muß, verläuft oberhalb des Laufs. Der Schaft wird mit seiner Anschlagfläche normal an der Vorderseite der rechten Schulter angeschlagen. Der Höhenunterschied zwischen Zielaug und

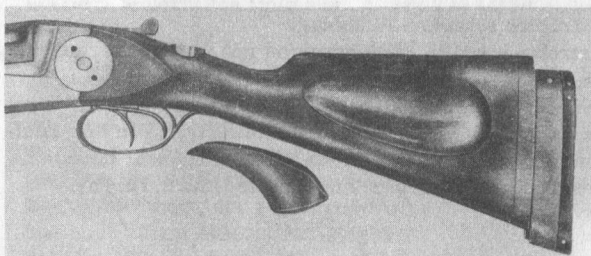
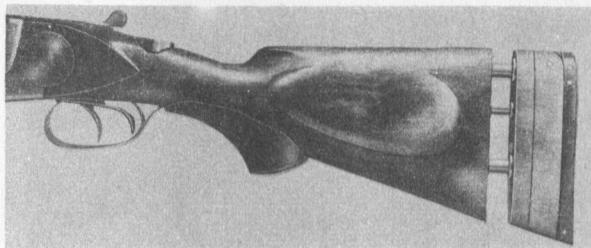


Bild 3.10.1
Gelenkgewehre mit
veränderlichen Schaftmaßen

Schulter ist daher ein Richtmaß für die Lage der Schaftanschlagfläche. Von diesem Richtmaß werden zwei Schaftmaße, s_1 und s_2 , abgeleitet, die „Schaftsenkung“ genannt werden (Bild 3.10.2).

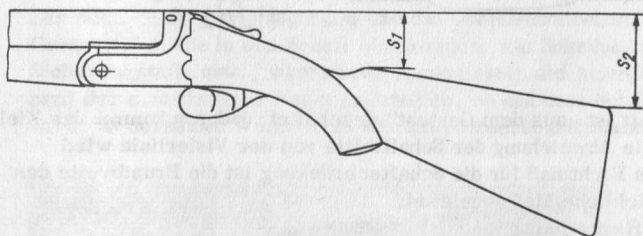


Bild 3.10.2
Schaftsenkung

Normalmaße für die Schaftsenkung sind

$$s_1 = 38 \text{ mm}, \quad s_2 = 65 \text{ mm}.$$

Zu große Senkung hat Tiefschuß zur Folge, zu kleine Senkung Hochschuß. Normale Senkung muß so sein, daß ein geringer Hochschuß erzielt wird.

Beim Anschlagen des Gewehrs muß das vordere Glied des Zeigefingers der rechten Hand gerade den vorderen Abzug erreichen, weil dieser Abzug wegen seiner bequemen Lage normal zuerst benutzt wird. Die Länge des Schafts muß daher der Unterarmlänge des Schützen entsprechen. Sie wird am rechtwinklig gebeugten Arm gemessen. Das Maß von der Innenseite des Ellenbogens bis zum Ende des zweiten Glieds des Zeigefingers (also ohne das vordere Glied) ist direkt das Maß für die Schaftlänge l_1 (Bild 3.10.3).

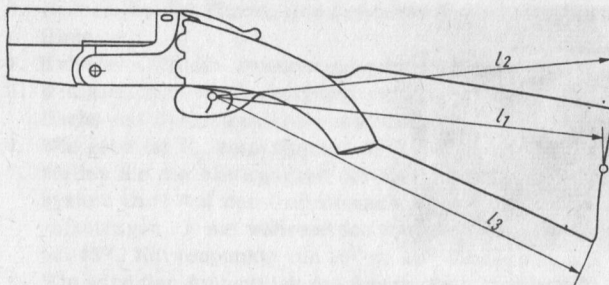


Bild 3.10.3
Schaftlänge

Als Normalmaße gelten:

$$356 \text{ mm} < l_1 < 360 \text{ mm}$$

$$360 \text{ mm} < l_2 < 365 \text{ mm}$$

$$368 \text{ mm} < l_3 < 372 \text{ mm}.$$

- Zu langer Schaft verzögert den erstrebten schnellen Anschlag.
- Zu kurzer Schaft verzögert die erstrebte schnelle Fühlungnahme mit der Schulteranschlagfläche, was eine erhöhte Rückstoßempfindlichkeit zur Folge hat.

Das Zielen wird erheblich erleichtert, wenn die Mitte des Schaftendes (Gewehr von hinten gesehen) einige Millimeter rechts von der Visierlinie liegt. Blickt man von der Laufmündung aus über die Laufschiene zum Schaft, so sieht man die Abweichung sehr deutlich. Die Schaftmitte liegt, von hier aus gesehen, links von der Visiermitte (Bild 3.10.4 a).

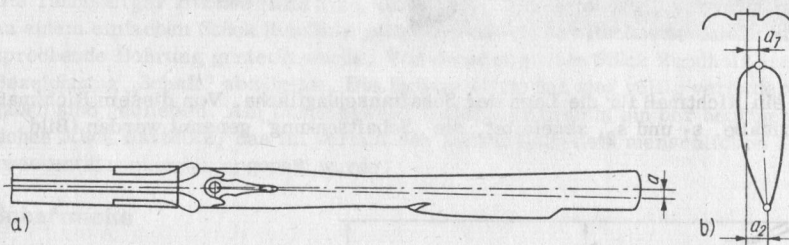


Bild 3.10.4. Schaftschränkung

Der Fachmann sagt, der Schaft ist „aus dem Gesicht“ geschäftet; dadurch kommt das Zielauge näher an die Visierlinie. Die Abweichung der Schaftmitte von der Visierlinie wird „Schaftschränkung“ genannt. Das Richtmaß für die Schaftschränkung ist die Brustbreite des Schützen. Von ihr wird das tatsächliche Maß abgeleitet.

Die Normalmaße für die Schaftschränkung sind

oben

$$3 \text{ mm} < a_1 < 5 \text{ mm}$$

unten

$$5 \text{ mm} < a_2 < 8 \text{ mm}.$$

Eine große Rechtsschränkung bewirkt Rechtsschuß.

Schaftholz

Holzarten

Für einen Jagdgewehrschaft eignet sich am besten das Holz des Walnußbaums, weil

- das Gefüge dicht und fest ist (es läßt sich gut bearbeiten und hält den starken Belastungen durch den Rückstoß stand);
- die Oberfläche nach der speziellen Behandlung mit Öl und Lack eine besonders feine Maserung zeigt.

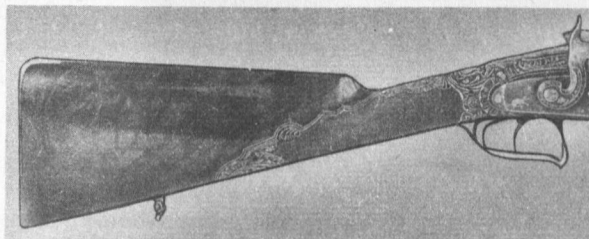


Bild 3.10.5
Schaft mit feiner Maserung

Holzkrankheiten

Das verwendete Schaftholz muß lufttrocken und frei von Fehlern sein, damit eine möglichst große Lebensdauer und Sicherheit gewährleistet ist.

Fehlerhaftes und krankes Holz kann

- wurmig
- windrissig
- schwammig (Korkadern)
- verstockt
- harzgallig
- großporig

sein.

Der Schäfter prüft vor Beginn der Bearbeitung das rohe Stück Holz sehr gewissenhaft und sortiert fehlerhaftes Holz aus. Außerdem achtet er auf die Richtung des Faserverlaufs (zum Griff hin).

Mechanische Vorbearbeitung

Im Zuge der fortschreitenden Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse werden in einer modernen Fertigung die rohen Schafthölzer (Kanteln) maschinell vorbearbeitet. Die für die Bearbeitung vorgesehenen Maschinen erhalten Spezialvorrichtungen, unter Berücksichtigung der standardisierten Schaftmaße. Sie werden vom Technologen entwickelt und nach einem Arbeitsplan eingesetzt. Die äußere, nicht gerade einfache Form eines Schafts, die genaue Beachtung der Schaftschränkung und -senkung erfordern komplizierte Fertigungsmittel, von denen das Schaftkopierstück und die dafür notwendige Spezialmaschine besondere Bedeutung haben. Zu den Arbeitsmitteln gehören ferner noch Lehren und andere Meßmittel verschiedener Art zum Prüfen der bearbeiteten Werkstücke.

Das rohe Stück Holz wird zunächst nach einer Lehre entsprechend der Schaftform auf der Bandsäge zugeschnitten. Dann wird es auf eine Schaftkopiermaschine zwischen zwei Zentrier-aufnahmen gespannt. Hier erhält es die äußere Form des Schafts soweit, daß der Schäfter nur noch kleine Berichtigungen und die Oberflächenbehandlung vorzunehmen braucht. Für die Gewehrteile, die in den Schaft hineinragen, wie Scheibe, Abzugblech, Schloß-, Verschuß-, Sicherungsteile usw., wird durch Kopierfräsen auf Innenformkopiermaschinen (Einlaßmaschinen) der erforderliche Raum geschaffen, so daß dem Schäfter das Einschäften erleichtert wird. In derselben Weise wird der Holzvorderschaft maschinell vorbearbeitet.

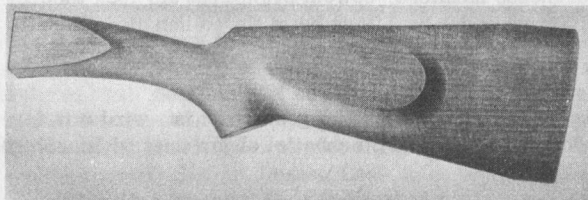
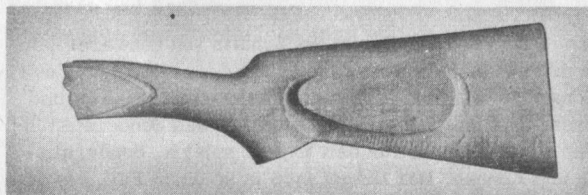


Bild 3.10.6
Äußere Schaftform,
vorbearbeitet

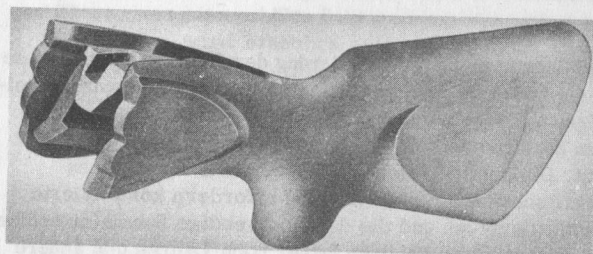
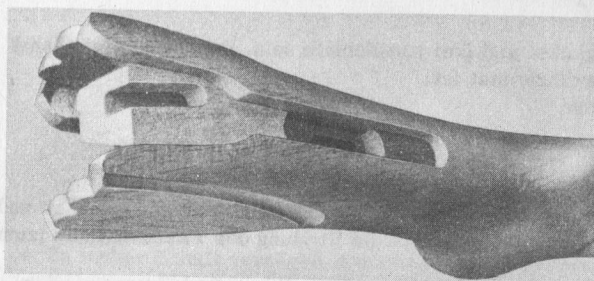
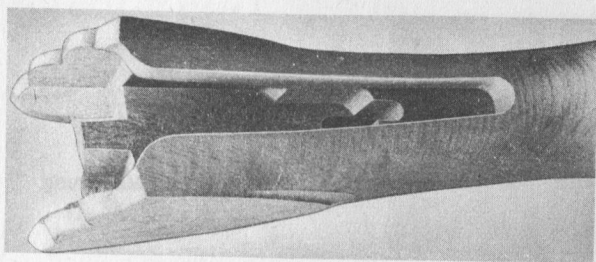


Bild 3.10.7
Innenschaftformen,
kopiert

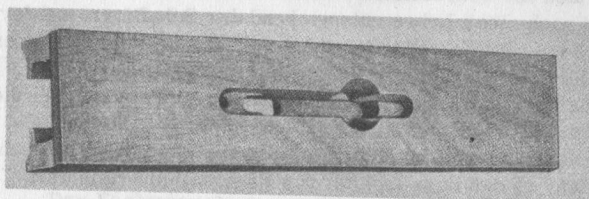


Bild 3.10.8
Vorbearbeiteter
Vorderschaft

Schäftearbeiten

Der Schäfte ist heute durch die maschinelle Vorbearbeitung des Schafts von schwerer körperlicher Tätigkeit befreit. Es sollen nun alle Arbeiten aufgezeigt werden, die im handwerklichen Fertigungsprozeß vom rohen Schaft Holz bis zum fertigen Gewehrschaft anfallen und vom Schäfte beherrscht werden müssen. Das ist deshalb sehr wichtig, weil Sonderausführungen in der Jagdgewehrfertigung eine wichtige Rolle für den Export spielen. Sonderausführungen fordern gründliches Wissen und Können. Der Schaft muß in solchem Fall aus dem rohen Stück Holz ohne maschinelle Vorbearbeitung hergestellt werden. Der Schäftelehrling erhält daher eine auf breiter Basis beruhende fachliche, sowohl praktische als auch theoretische Ausbildung. Die handwerkliche Tätigkeit des Schäfers beim Herstellen eines Schafts erstreckt sich auf folgende Arbeiten.

Abrichten

Das Schaft Holz, auf dem nach einer Lehre die rohe Schaftform gezeichnet ist, wird mit der Bandsäge zugeschnitten und mit dem Schnitzmesser und Stechbeitel abgerichtet, d.h. roh geformt.

Zum Anpassen des Verschußstücks und des Abzugblechs wird

- die Scheibe des Verschußstücks, die vorher die richtige Senkung erhalten hat, in das Holz eingelassen;
- der Schaft an die Ausbougungen des Verschußstücks gepaßt;
- das Abzugblech so eingelassen, daß der Schaft am Griff die richtige Griffstärke erhält.

Einschäften

Für die Schloß-, Verschuß- und Sicherungsteile wird nun das Holz an den entsprechenden Stellen herausgestoßen, so daß sie sich frei bewegen können. Der Fachmann sagt, die Teile werden „eingelassen“.

Einpassen der Kreuzschraube

Die Kreuzschraube verbindet Verschußstück und Abzugblech mit dem Schaft. Als wichtiges Verbindungselement muß sie so eingepaßt werden, daß beim Einschrauben der Schaft an das Verschußstück gepreßt wird.

Formschneiden

Der Schaft erhält nun seine Form nach den vorgeschriebenen Schaftmaßen. Außerdem wird die Schaftkappe an das Ende des Schafts und das Kippchen an den Pistolengriff gepaßt. Nach diesen Arbeiten gibt der Schäftler das Gewehr dem Reparierer, der alle Funktionen der Gewehrteile überprüft und gegebenenfalls Mängel beseitigt (repariert).

Ausschäften

Ausschäften ist die letzte Oberflächenbehandlung. Durch Feilen erhält der Schaft seine endgültige Form. Hierauf wird die Oberfläche mit grobem Sandpapier geglättet. Dabei verschleifen sich die Poren. Das Wiederöffnen geschieht durch mehrmaliges Wässern.

Die nach dem Wässern herausgetretenen Verschlüsse werden beseitigt; die Poren sind wieder geöffnet. Den letzten Schliff am vorläufig noch hellen Schaft erhält die Oberfläche durch Bearbeiten mit Bimsstein. Danach wird der Schaft geölt. Das Öl dringt in die Poren, schützt das Holz vor Witterungseinflüssen und dient gleichzeitig zur Farbgebung.

Fischhautschneiden

An den Griffflächen wird die sogenannte Fischhaut in das Holz eingeschnitten, damit der Jäger das Gewehr beim Schuß gut festhalten kann.

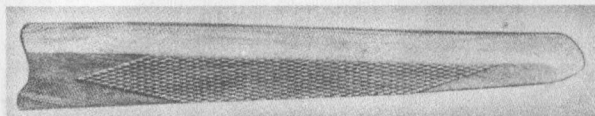


Bild 3.10.9. Fischhaut

Polieren und Lackieren

Die äußere Schaftoberfläche wird poliert und lackiert. Dadurch tritt die besonders schöne Struktur des Nußbaumholzes deutlich hervor; sie trägt wesentlich zu einem gediegenen Aussehen des Gewehrs bei. Außerdem wird durch diese Oberflächenbehandlung das Holz widerstandsfähiger gegen Witterungseinflüsse, denen das Gewehr beim Ausüben der Jagd häufig ausgesetzt ist.

In der Produktion ist die Bearbeitung mit Hilfe von

- Schellack (Ölschaft)
 - Firnis (Firnisschaft)
- zu unterscheiden.

Bei beiden Verfahren werden die geöffneten Poren des Holzes zunächst mit Öl gefüllt, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu vermeiden. Der Schellack dient danach als Poliermittel. Er wird mit einem Tuch dünn aufgetragen und gut verrieben oder aber mit einer Spritzpistole aufgespritzt. Schellack ist ein Naturharz, dessen Erzeugerin die Lackschildlaus (Tachardia lacca) ist. Sie lebt vorwiegend in Indien, wo sie auch gezüchtet wird. Den Schellack scheidet die Lackschildlaus in Form klebriger Flüssigkeit als Stoffwechselprodukt aus. Um den allgemein großen Bedarf an diesem Lack zu decken, stellt die chemische Industrie heute ein gleichwertiges synthetisches Produkt her.

Vor der Behandlung der Oberfläche mit Firnis werden die Poren mit Leinöl ausgefüllt. Der Firnis wird aufgestrichen und trocknet verhältnismäßig schnell. Nach mehrmaligem Aufstreichen bildet sich eine feste, elastische Schicht, die durch Reiben mit Filz poliert wird, bis der gewünschte Mattglanz auf der Schaftoberfläche erreicht ist.

Schaftverschneiden

Schaftverschneiden dient der Verschönerung des Schafts durch Schnitz- und Einlegearbeiten. Jagdszenen, Ausschnitte aus Jagdrevieren, Jagdtiere usw. werden auf der Oberfläche des Schafts vom Schaftverschneider plastisch dargestellt. Das Schaftverschneiden setzt künstlerische Fähigkeiten voraus (Bild 3.10.10).



Bild 3.10.10
Schaftverschneidungen

Schaftformen

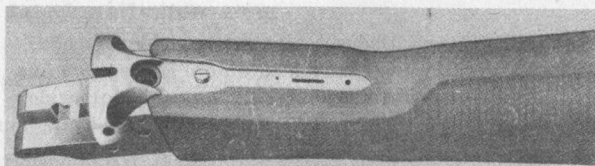


Bild 3.10.11
Verschlußstück mit
Abzugblech angepaßt

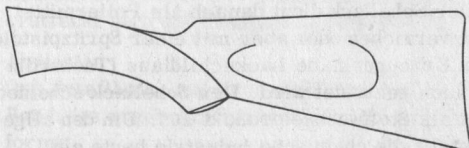


Bild 3.10.12
Schaft mit deutscher Backe und Pistolgriff
(der Pistolgriff kann auch eine abgerundete
Form haben wie auf Bild 3.10.16)

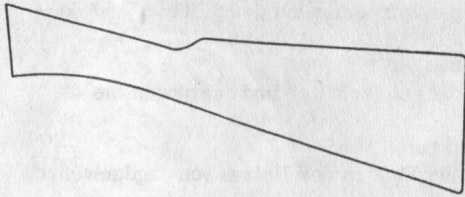


Bild 3.10.13
Englischer Schaft

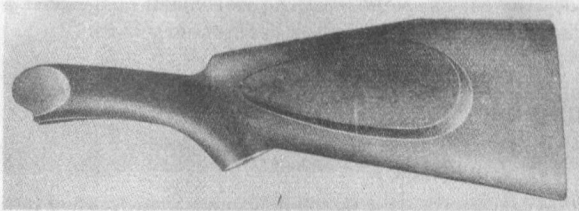


Bild 3.10.14
Schaft mit Schweinsrücken für
Gewehre mit Zielfernrohr

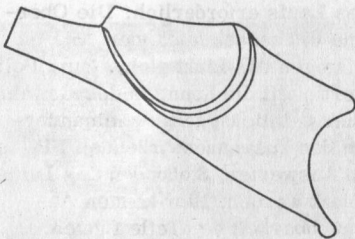


Bild 3.10.15
Tiroler Schaft für Scheibenbüchsen

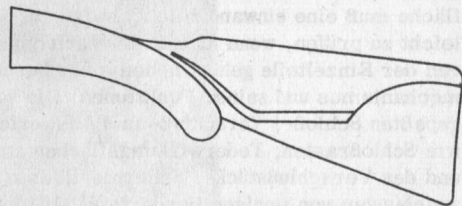


Bild 3.10.16
Schaft mit bayrischer Backe und
rundem Pistolgriff

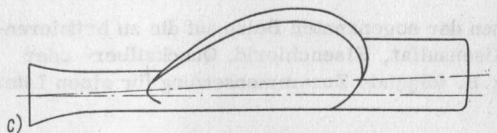
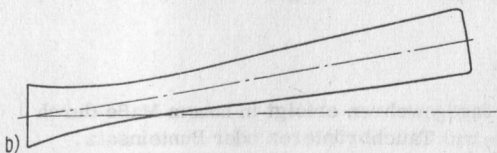
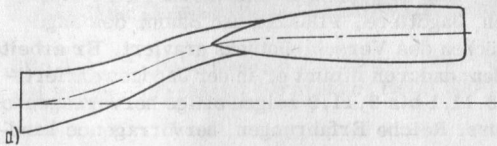


Bild 3.10.17
Sonderausführungen von Schäften
a) gekröpft
b) gebogen
c) Muschelschaft

Aufgaben

1. Nennen Sie die Aufgaben eines Gewehrschafts!
2. Nennen Sie die Schaftformen!
3. Nach welchen Schaftmaßen wird ein Schaft geformt?

4. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen den Körpermaßen des Schützen und den Schaftmaßen!
5. Welche Eigenschaften muß ein Schaftholz haben?
6. Nennen Sie die geeigneten Holzarten für Jagdgewehrschäfte, und begründen Sie die Eignung!
7. Welche Krankheiten können am Schaftholz auftreten?
8. Nennen und begründen Sie die Richtung, die die Fasern des Holzes von Jagdgewehren haben soll!
9. Begründen Sie die Bedeutung der maschinellen Vorbearbeitung von Jagdgewehrschäften!
10. Welche Arbeitsgänge werden bei der Gewehrschaftsherstellung maschinell ausgeführt?
11. Beschreiben Sie den handwerklichen Fertigungsprozeß eines Jagdgewehrschafts!

3.11. Oberflächenbehandlung der Metallteile

Polieren

Nach Beendigung der Arbeitsprozesse an den Metallteilen durch den Reparierer beginnt das Polieren der Oberfläche auf rotierenden Scheiben, die mit Poliermittel versehen sind. Das Poliermittel wird auf den Umfang der Scheibe geleimt. Lauf und Einzelteile erhalten Hochglanzpolitur. Besondere Fertigkeiten sind zum Polieren des Laufs erforderlich. Die Oberfläche muß eine einwandfreie zylindrische Mantelfläche ohne Unebenheiten bleiben. Sie ist leicht zu prüfen, wenn man in Längsrichtung über den Lauf gegen das Licht sieht. Zum Polieren der Einzelteile gehört neben einer besonderen Fingerfertigkeit die Kenntnis des Gewehrmechanismus und seiner Funktionen. Die vom Systemmacher peinlichst genau aneinandergepaßten Schloß-, Verschuß- und Auswerferteile dürfen an den zusammenwirkenden Flächen, wie Schloßrasten, Federwirkungsflächen am Schloß und am Auswerfer, Stoßboden des Laufs und des Verschußstücks, Scharnierflächen u.a., nicht poliert werden. Hier können Abweichungen von wenigen Hundertstel Millimetern zur Unbrauchbarkeit der Teile führen.

Gravieren

Nach dem Polieren werden die außen am Gewehr sichtbaren Flächen durch Gravieren verschönt. Der Gewehrgraveur arbeitet mit gehärteten Stacheln. Das sind kleine Meißel verschiedenster Formen, mit denen er Arabesken, Jagdtiere, Pflanzen und Bäume des Jagdreviers oder ganze Jagdszenen in die Seitenflächen des Verschußstücks graviert. Er arbeitet entweder nach Vorlagen oder eigenen Entwürfen; dadurch nimmt er in der Jagdgewehrfertigung eine besondere Stellung ein. Die Bilder 3.11.1 bis 3.11.9 zeigen einige hervorragende Arbeiten aus der Werkstatt des Gewehrgraveurs. Reiche Erfahrungen, hervorragende handwerkliche Fertigkeiten und die Fähigkeit zu schöpferischer Tätigkeit sind Eigenschaften, die ein Gewehrgraveur haben muß.

Brünieren (Bräunieren)

Die Oberflächenbehandlung von Stahlteilen an Jagdgewehren erfolgt in hohem Maße durch thermisch-chemische Verfahren, wie Streich- und Tauchbrünieren oder Bunteinsatz.

Streichbrünierverfahren

Dieses Verfahren besteht in einem Aufstreichen der sogenannten Beize auf die zu brünierenen Flächen. Die Beize ist eine Lösung aus Eisensulfat, Eisenchlorid, Quecksilber- oder Kupfersalzen und Alkohol. Ein Rezept weist z.B. folgende Zusammensetzung für einen Liter Beize auf:

30 g Eisen(II)-sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$
15 g Eisen(II)-chlorid	$\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
12 g Kupfersulfat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$
50 g Alkohol (absolut).	



Bild 3.11.1. Elfenbeinkäppchen mit erhabener Jagdgravur
(Graveur: Kummer)



Bild 3.11.2. Halberhabene Jagdgravur und englische Arabesken,
mit Blumen durchsetzt (Graveure: Heim und Triebel)

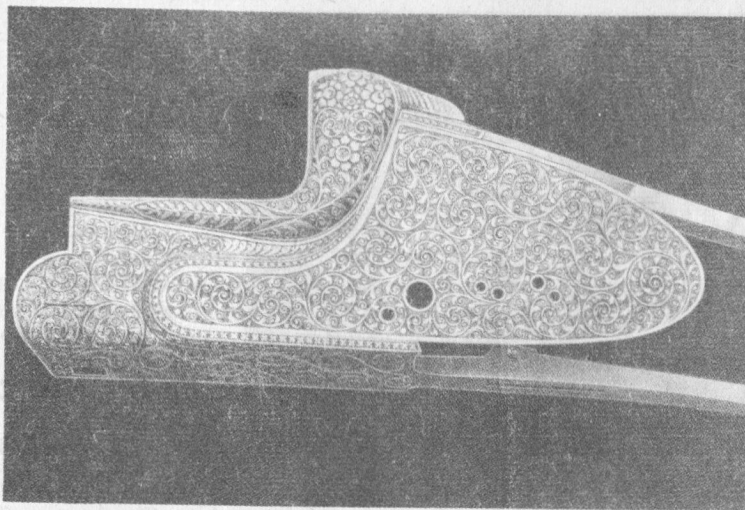


Bild 3.11.3. Feine englische Arabeskengravur mit ausgestochenem Grund
(Graveur: Walther)

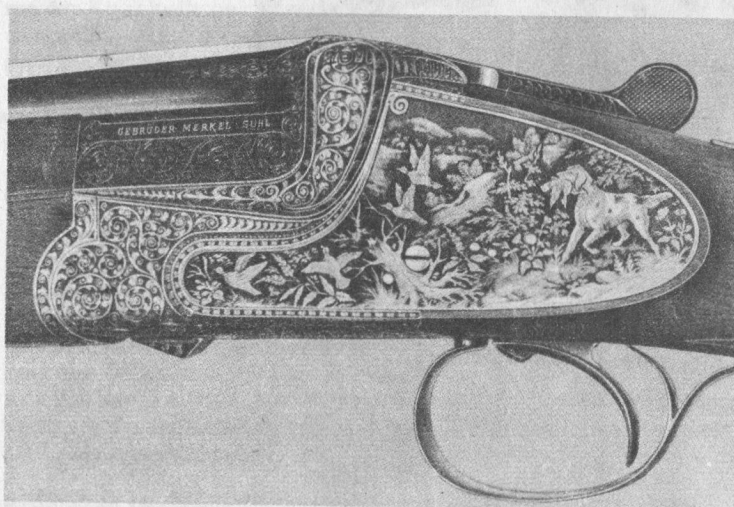
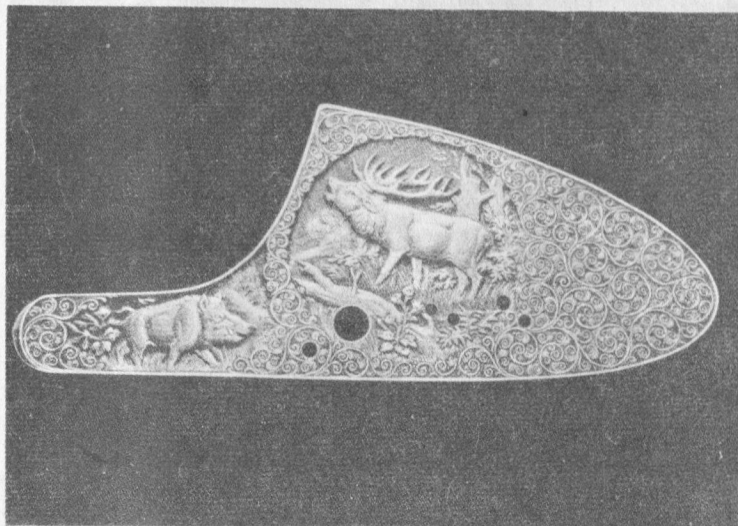
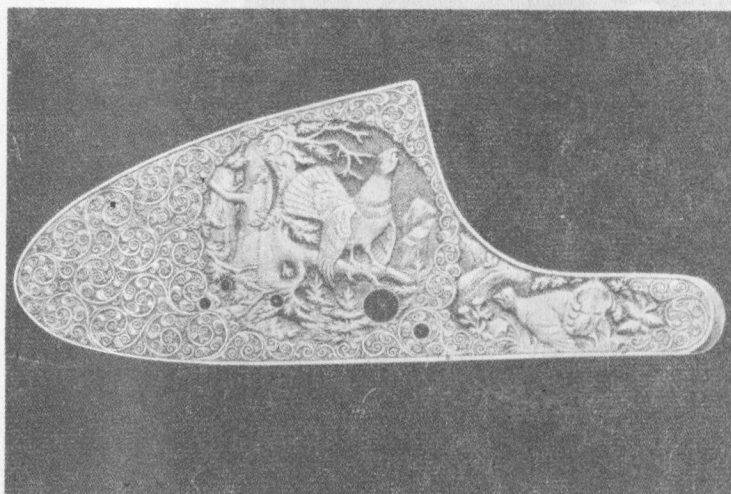


Bild 3.11.4. Jagdgravur und englische Arabesken mit ausgestochenem Grund
(Graveur: Heim)

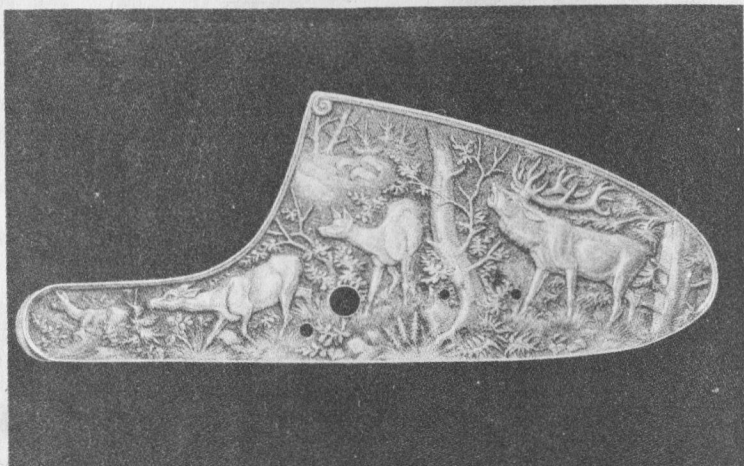


a)

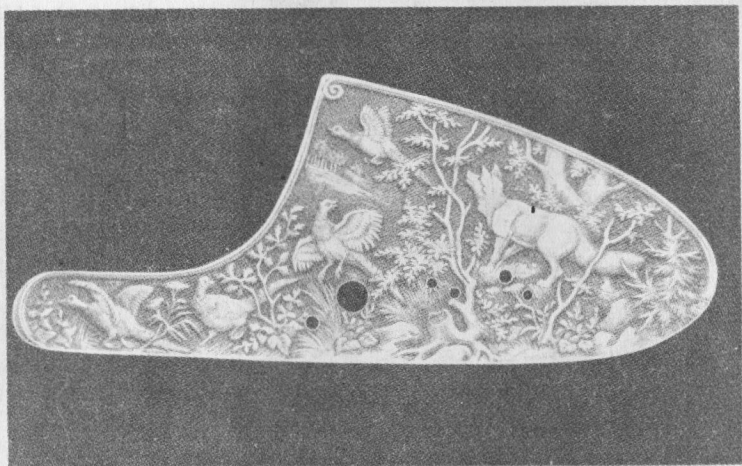


b)

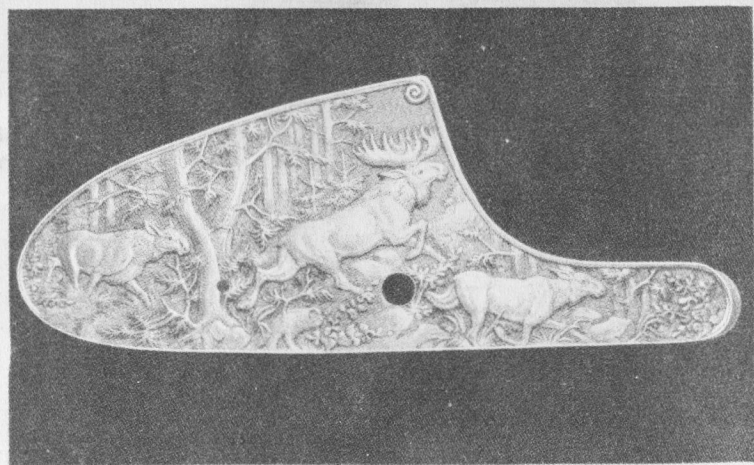
Bild 3.11.5. Erhabene Teiljagdgravur und englische Arabesken mit ausgestochenem Grund
a) Graveure: Zehmer und Heim; b) Graveur: Kummer



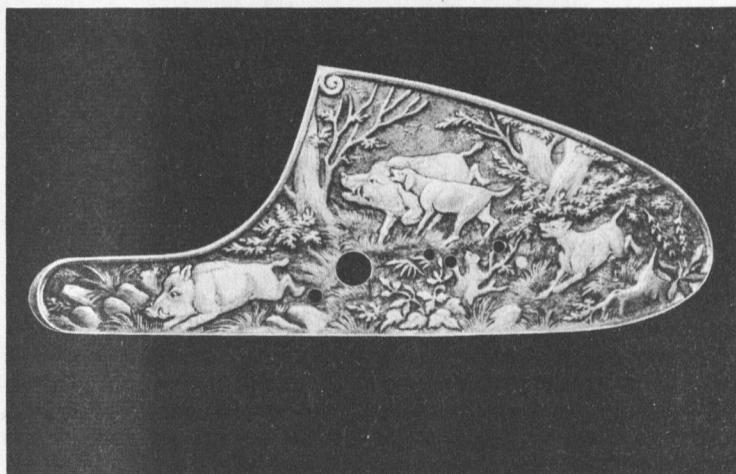
a)



b)



c)



d)

Bild 3.11.6. Erhabene Jagdgravur

a) und b) Graveur: Kummer; c) Graveur: Walther; d) Graveur: Heim

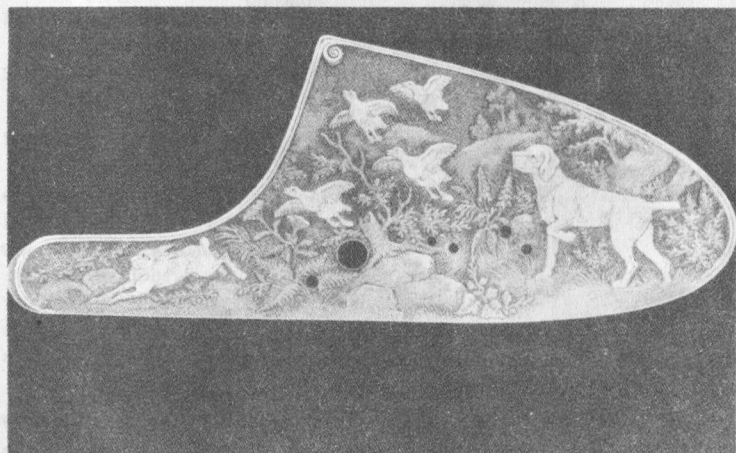
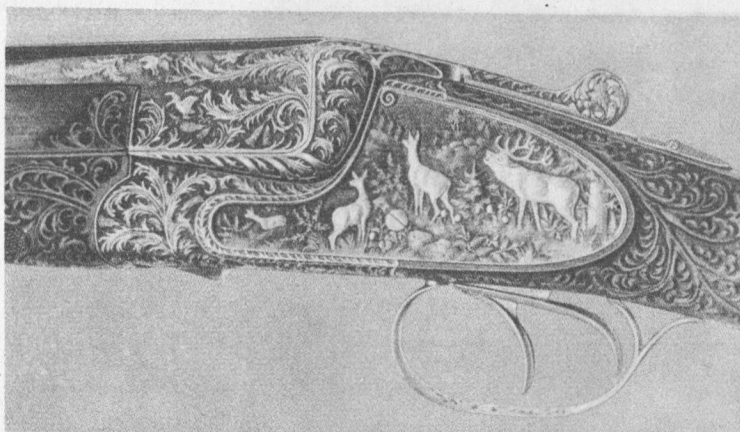
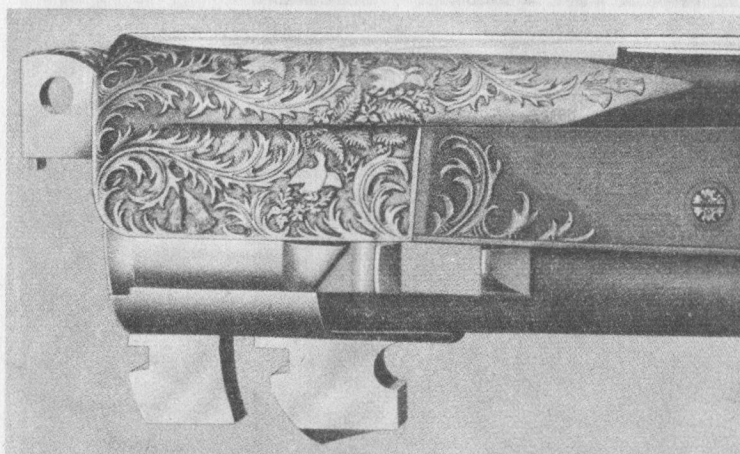


Bild 3.11.7. Erhabene Jagdgravur, Tiere in Silber eingelegt
(Graveur: Heim)



a)



b)

Bild 3.11.8. Erhabene Jagdgravur, Distelornament und Schaftverschneidung
a) Graveure: Kummer und Triebel sowie Walther; b) Graveure: Triebel und Heim

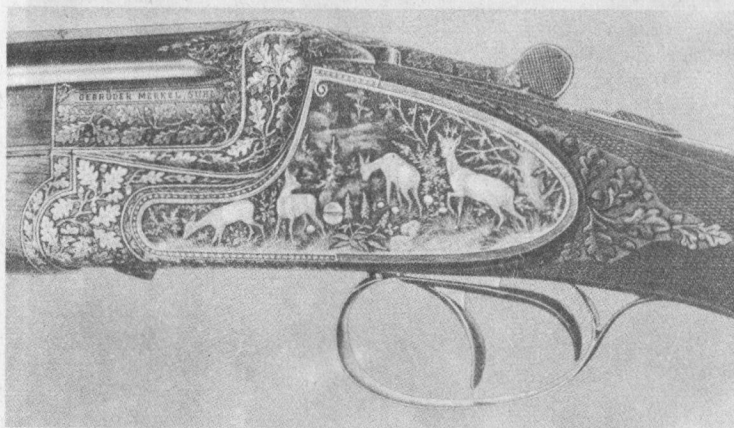


Bild 3.11.9. Jagd - mit Eichenlaubgravur und kleine Schaftverschneidung
(Graveure: Heim und Walther)

Arbeitsablauf

1. Entfetten der polierten Läufe

- in einem alkalischen Abkochbad (anschließend Spülen in kaltem Wasser) oder
- Aufstreichen eines Breies aus Wiener Kalk und Wasser sowie Abbürsten nach dem Trocknen.

2. Aufstreichen der Brünierbeize mit einem kleinen Schwamm. Zu beachten ist gleichmäßiges Auftragen der Beize bei Vermeiden von Tröpfchenbildung.

3. Trocknen der aufgestrichenen Beize bei Raumtemperatur. Nach etwa 10 ... 12 h (Stunden) bildet sich auf der Laufoberfläche eine rötliche, rostähnliche Schicht. Dieser chemische Prozeß kann erheblich verkürzt werden (auf etwa 4 h), wenn die Läufe nach dem Aufstreichen der Beize in eine abgeschlossene Wasserdampfkammer bei etwa 50 ... 60 °C und 50 % Feuchtigkeit gebracht werden. Der in der Kammer befindliche Dampf kondensiert zum Teil an den Läufen und bildet kleine Wassertröpfchen.

4. Abkochen in reinem Wasser.

5. Trocknen durch Eigenwärme.

6. Abkratzen der porösen Schicht mit einer rotierenden Drahtbürste aus gewelltem Draht von 0,08 ... 0,1 mm Drahtdurchmesser, 100 ... 150 mm Bürstendurchmesser bei 800 ... 1000 Umdrehungen je Minute.

7. Wiederholung des vorstehend beschriebenen Arbeitsablaufs der Arbeitsstufen 2 bis 6 zweibis viermal je nach der gewünschten Schwarzfärbung. Nach Erreichen der Farbtiefe werden letztmalig die abgekratzten Läufe in kochendes Wasser gelegt, das mit Blauholz oder Tannin gefärbt ist. Dadurch wird die Farbtönung vervollkommen.

8. Austrocknen im Trockenofen bei 105 ... 115 °C oder durch die Eigenwärme in einem geheizten Raum.

9. Einölen mit säurefreiem Öl, um ein Nachrosten zu verhüten.

Die Streichbrünierbeizen gehören nach dem Giftgesetz zur Giftgruppe I. Die diesbezüglichen Arbeitsschutzbestimmungen sind zu beachten.

Die Erfahrung lehrt, daß der beim Streichbrünierverfahren ablaufende chemische Prozeß erheblich vom Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre beeinflusst wird. Deshalb ist das erwähnte Rezept nicht absolut gültig. Der Fachmann ist gezwungen, die Zusammensetzung der Beize den Witterungsverhältnissen und gegebenenfalls den Stahlsorten anzupassen.

Zum Brünieren von Damaststahlläufen, die nach dem Brünieren die feine Maserung der verschiedenen Stahlsorten aufweisen sollen und gewöhnlich braun gefärbt werden, gehören spezielle Brünierbeizen, deren Zusammensetzung auf praktischen Erfahrungen beruht. Sie sind im Handel nicht zu erhalten.

Tauchbrünierverfahren

Während beim Streichbrünierverfahren die Beize mehrmals dünn auf die Metalloberfläche gestrichen wird, taucht man beim Tauchbrünierverfahren die Teile in eine Speziallösung. Ein Liter einer erprobten Lösung besteht z. B. aus

500 ... 600 g Natriumhydroxid	NaOH (Ätznatron)
50 ... 100 g Natriumnitrit	NaNO ₂
50 ... 100 g Natriumnitrat	NaNO ₃ .

Diese Salze können im Handel unter den Namen Brünofix, Ferodox u. a. fertig bezogen werden.

In die kochende alkalische Salzlösung oder Salzschnmelze werden die Teile getaucht. An der Metalloberfläche entsteht während eines chemischen Prozesses eine bläulich-schwarze Eisen-(II)-Oxidschicht. Wesentlich ist, daß durch den chemischen Prozeß die Maßhaltigkeit und Güte der Oberfläche nicht leidet.

Arbeitsablauf

1. Entfetten wie beim Streichbrünierverfahren.

2. Tauchen in die alkalische Salzlösung; Temperatur 138 ... 145 °C; Dauer 30 ... 60 min.

3. Spülen in kaltem und heißem Wasser.

4. Trocknen und Einölen wie beim Streichbrünierverfahren.

Der große Vorteil des Tauchbrüniervfahrens gegenüber dem Streichbrüniervfahren liegt in der enormen Zeitersparnis. Es eignet sich aber nur für solche Teile, die keine Lötnaht aufweisen. Das Lötmittel wird mehr oder weniger stark von den alkalischen Lösungen angegriffen und die Lötverbindung dadurch zerstört.

Beide Verfahren sollen die Oxydation der Stahlteile verhindern, der Oberfläche eine schöne Färbung geben und Reflexion von Sonnenstrahlen beim Gebrauch der Waffe im Gelände verhüten.

Bunteinsetzverfahren

Während die Jagdgewehrläufe ausnahmslos Brüniert werden, hat sich für die letzte Oberflächenbehandlung des Verschlussstücks und der anderen außen am Gewehr sichtbaren Stahlteile das Bunteinsetzen bewährt. Dieses in vielen Jahrzehnten erprobte Verfahren führt nicht nur zu einer Oberflächenhärtung und einem wirksamen Korrosionsschutz, sondern auch zu einem geschmackvollen dekorativen Aussehen, das eine harmonische Ergänzung zum ästhetisch gemaserten Schaftholz bedeutet.

Die Teile werden an der Oberfläche mit Kohlenstoff angereichert und erhalten dabei eine bunte Färbung durch die Wirkung der Gerbsäure aus der Lederkohle.

Arbeitsablauf

1. Einpacken der einzusetzenden Teile in Lederkohle in einem Stahlkasten, so daß jedes einzelne Teil vollständig von Lederkohle umgeben ist. Der Kasten wird durch eine Stahlplatte abgedeckt und mit Probestäben versehen, die in den Kasten hineinragen.
2. Aufkohlen, indem der Kasten in einem Ofen auf 860 °C erwärmt wird. Bei dieser Temperatur wandert ein Teil des Kohlenstoffs der Lederkohle in die Oberfläche der Metallteile. Der Aufkohlungsprozeß dauert 110 ... 115 min. Während des Prozesses findet öfters eine Kontrolle der Temperatur mit Hilfe von Pyrometern statt. Außerdem wird mit Hilfe der eingesetzten Probestäbe der Ablauf des Prozesses kontrolliert.
3. Abschrecken, indem nach Beendigung des Prozesses der Kastendeckel abgenommen und der Kasteninhalt schnell in kaltes Wasser gestellt wird.
4. Trocknen der eingesetzten Teile bei etwa 200 °C in einem Trockenofen.
5. Lackieren der buntgefärbten Oberflächen mit Zaponlack.

Aufgaben

1. Informieren Sie sich über die bei der Oberflächenbehandlung von Jagdgewehrmetalteilen verwendeten Poliermittel!
2. Nennen Sie die thermisch-chemischen Verfahren, die bei der Oberflächenbearbeitung von Stahlteilen an Jagdgewehren genutzt werden!
3. Beschreiben Sie das Streichbrüniervfahren!
4. Begründen Sie die Notwendigkeit des Einhaltens von Arbeits- bzw. Gesundheitsschutzbestimmungen durch den Brüniierer!
5. Beschreiben Sie das Tauchbrüniervfahren!
6. Erläutern Sie das Bunteinsetzverfahren!

4. Ballistik

4.1. Überblick

Ballistik ist die Lehre von der Bewegung (Flugbahn) geworfener oder geschossener Körper, besonders der Geschosse von Feuerwaffen (ballein, griech. = werfen, schleudern; balliste, griech. = antikes Wurfgeschöß).

Jede auf der Erde abgeschossene Masse bewegt sich auf einer gekrümmten Flugbahn. Ausnahmen bilden, wie später ausgeführt wird, die Schüsse senkrecht nach oben oder nach unten. Ursache der Flugbahnkrümmung ist die Erdanziehungskraft. Soll ein Flugkörper ein bestimmtes Ziel erreichen, so muß die Flugbahnkrümmung im voraus berücksichtigt werden.

Die Vorausbestimmung der Flugbahn eines Körpers ist vor allem bei einem Ziel wichtig, das vom Abschußort nicht eingesehen werden kann (indirektes Schießen).

Auch beim direkten Schuß, bei verhältnismäßig geringen Entfernungen und einsehbaren Zielen, ist die Flugbahn gekrümmt, und der Schütze muß, will er das Ziel treffen, die Tatsache der Flugbahnkrümmung beim Schießen berücksichtigen, indem er z.B. das Visier verstellt.

Infolge der relativ großen Geschwindigkeit (z.B. der eines Büchsengeschosses) kann man die Flugbahn meist nicht mit dem bloßen Auge verfolgen und so auch die Flugbahnkrümmung nicht erkennen. Eine Möglichkeit, die Flugbahn eines frei fliegenden Körpers zu studieren, ergibt sich, wenn wir einen Ball schräg nach oben werfen. Wir können hier nicht nur die Krümmung der Flugbahn deutlich sehen, sondern bei mehreren Versuchen auch erkennen, daß die Form der Flugbahn von der Abwurfgeschwindigkeit und vom Abwurfwinkel abhängig ist.

Beim Schuß spielen sowohl chemische Prozesse als auch physikalische Vorgänge während der Schußentwicklung eine Rolle. Außerhalb des Laufs bestimmen Luftwiderstand und Erdanziehung die Flugbahn des Geschosses mit.

Das große Forschungsgebiet Ballistik wird unterteilt in Innen- und Außenballistik.

Die Innenballistik befaßt sich mit

- den Eigenschaften der Treib- und Zündmittel,
- der ökonomischen Verwertung der Pulverenergie (Energiebilanz),
- dem Verlauf des Gasdrucks,
- der Form und Beschaffenheit der Laufbohrung,
- der Bewegung des Geschosses im Lauf,
- der Rückstoßwirkung,
- der Arbeit der Pulvergase,
- den Vorgängen an der Laufmündung.

Die Außenballistik befaßt sich mit dem Flug des Geschosses außerhalb des Laufs; dazu gehören:

- die auf das Geschöß einwirkenden Kräfte beim Flug zum Ziel,
- die Form der Flugbahn,
- der Luftwiderstand,
- die Energie des Geschosses,
- die Wirkung des Geschosses am Ziel.

Aufgaben

1. Erklären Sie den Begriff „Ballistik“!
2. Erläutern Sie die Bedeutung ballistischer Kenntnisse für das jagdliche Schießen!
3. Womit befassen sich die beiden Hauptgebiete der Ballistik?

4.2. Innenballistik

4.2.1. Pulver und Zündmittel

Geschichtliches

Über die erste Verwendung des Pulvers als Schießpulver liegen keine sicheren Nachweise vor. Sicher ist, daß in China etwa 600 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung Felssprengungen mit Pulver beim Straßenbau vorgenommen wurden. Später benutzte man die Pulverenergie zum Schleudern von Steinkugeln oder schweren Gegenständen bei der Bekämpfung des Feindes. Das Rezept für die Zusammensetzung dieses energiereichen Stoffes blieb jahrhundertlang geheim. Im Jahre 670 u. Z. etwa soll Schießpulver bei der Verteidigung von Konstantinopel erstmals in Europa angewandt worden sein. Wahrscheinlich ist das Rezept durch Mönche nach Europa gekommen. In alten Büchern wird behauptet, das Schießpulver sei von den Chinesen zu den Indern und von dort zu den Persern und Arabern gekommen. Diese Behauptung ist sprachgeschichtlich zu erklären. Bei den Persern heißt Nemek Tschini sinesisches Salz und bei den Arabern Thely Sini Schnee aus Sina.

Die Behauptung, der deutsche Mönch Berthold Schwarz zu Mainz habe 1320 das Pulver erfunden, ist nicht nachweisbar. Vielleicht hat er beim Studium alter Manuskripte, die sich damals in den Klöstern befanden, Rezepte über Pulvermischungen gefunden. Beim Experimentieren soll der Inhalt des Mörsers explodiert sein. Über die Zusammensetzung des ersten Pulvers liegen ebenfalls keine exakten Aufzeichnungen vor.

Schwarzpulver

Das erstmals als Schießpulver verwendete Gemisch erhielt den Namen Schwarzpulver (wahrscheinlich wegen seiner schwarzen Farbe).

Schwarzpulver ist ein Gemisch aus

78 % Kalisalpeter (KNO_3)

10 % Schwefel (S)

12 % Holzkohlepulver (C).

KNO_3	C	S
78 %	12 %	10 %

Bild 4.2.1

Bestandteile des Schwarzpulvers

Die Herstellung des Schwarzpulvers erfolgt durch

1. Pulverisieren der einzelnen Bestandteile
2. Mischen mit Wasser zu einem Brei
3. Pressen
4. Mahlen (auf Kollergängen)
5. Polieren (Abschleifen der scharfen Kanten)
6. Graphitieren (Schutz gegen Feuchtigkeit).

Verbrennungsprozeß

Nach der Reaktionsgeschwindigkeit der Pulverumsetzung sind zu unterscheiden: Verbrennung, Explosion und Detonation.

Verbrennung: rasch und gewöhnlich unter Flammenbildung verlaufende chemische Reaktion, meist Verbindung mit Sauerstoff, aber auch mit Chlor.

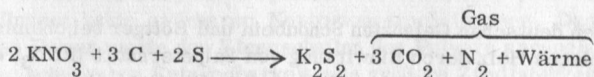
Explosion: sehr schnell ablaufende chemische Reaktion, die im allgemeinen mit beträchtlicher Gas- und Wärmeentwicklung sowie Drucksteigerung und Knall verbunden ist. Bei zu hohem Druck besteht die Gefahr der Zerstörung des Raumbegrenzungsmaterials, z. B. des Gewehrlaufs.

Detonation: schlagartige Zersetzung von brisanten (franz. hochexplosiven) Sprengstoffen im Unterschied zur Explosion, bei der die Umsetzung (Verbrennung) langsamer und ansteigend geschieht. Bei der Detonation entsteht infolge der gewaltigen Drucksteigerung eine Stoßwelle, die sich mit Überschallgeschwindigkeit (bis zu mehreren tausend Metern je Sekunde)

ausbreitet. Die Detonationsgeschwindigkeit ist eine typische Konstante für jeden Sprengstoff, z.B. für Sprenggelatine 7 800 m/s.

Der Kohlenstoff verbindet sich, sobald die Entzündungstemperatur (573 K) erreicht ist, mit dem im Kalisalpeter enthaltenen Sauerstoff zu Kohlendioxid, während sich der Schwefel mit dem Kalium verbindet. Der Stickstoff geht keine chemische Verbindung ein, denn er hat nur geringe Verbindungsneigung (Affinität). Der im Kalisalpeter enthaltene Sauerstoff reicht vollständig zum Verbrennen des Kohlenstoffs aus, so daß kein Sauerstoff aus der Luft benötigt wird.

Bei der Umsetzung des festen Pulvers in seine vorwiegend gasförmigen Reaktionsprodukte entsteht eine Temperatur von etwa 2 270 K. Die Kohlendioxid- und Stickstoffgase entweichen, während die Kalium-Schwefel-Verbindung einen festen Rückstand bildet.



K_2S_2 bildet mit feuchter Luft das K_2SO_4 (Kaliumsulfat), das, wenn es nach dem Schuß nicht entfernt wird, an der Bohrungswand Korrosionserscheinungen verursacht.

Eigenschaften und Verwendung

Starke Rauchentwicklung, Verschmutzung des Laufinnern und große Empfindlichkeit gegen Luftfeuchtigkeit sind unerwünschte Eigenschaften des Schwarzpulvers. Durch die Erfindung des rauchschwachen Pulvers mit wesentlich besseren Eigenschaften wurde es mehr und mehr verdrängt, so daß Schwarzpulver heute für Jagdzwecke nicht mehr verwendet wird. In den Beschußämtern aber wird das Schwarzpulver noch neben dem rauchschwachen Pulver für die Beschußprobe benutzt. Der Grund für die Verwendung des mit Nachteilen behafteten Pulvers ist die geringe Verbrennungsgeschwindigkeit. Der dadurch relativ spät wirkende maximale Gasdruck macht eine Haltbarkeitsprüfung der wichtigen Laufpartie vor dem Patronenlager möglich.

Beispiele

1. Schwarzpulver enthält 78% KNO_3 , 10% S und 12% C. Zu errechnen ist, wieviel Gramm der einzelnen Bestandteile in 2 kg Schwarzpulver enthalten sind.

Lösung:

$$\text{KNO}_3 \quad m_k = 2000 \cdot 0,78 \text{ g} = 1560 \text{ g}$$

$$\text{S} \quad m_s = 2000 \cdot 0,1 \text{ g} = 200 \text{ g}$$

$$\text{C} \quad m_c = 2000 \cdot 0,12 \text{ g} = \frac{240 \text{ g}}{2000 \text{ g}}$$

2. Für die Herstellung von Schwarzpulver stehen 1 170 g KNO_3 bereit. Zu errechnen ist, wieviel Gramm Schwefel und wieviel Gramm Kohlenstoff mit dem Kalisalpeter vermischt werden müssen, wenn das Mischungsverhältnis (erstes Beispiel) eingehalten werden soll.

Lösung:

$$m_s = \frac{1170 \text{ g} \cdot 10}{78} \quad m_s = 150 \text{ g}$$

$$m_c = \frac{1170 \text{ g} \cdot 12}{78} \quad m_c = 180 \text{ g}$$

3. Für die Herstellung von Schwarzpulver sind die Rohstoffe bereitgestellt, und zwar:

$$\text{KNO}_3 \quad m_k = 2025 \text{ g}, \quad \text{S} \quad m_s = 324 \text{ g}, \quad \text{C} \quad m_c = 351 \text{ g}.$$

Zu errechnen ist das Mischungsverhältnis in Prozent.

Lösung:

$$\frac{100\% \cdot 2025 \text{ g}}{2700 \text{ g}} = 75\%$$

$$\frac{100\% \cdot 324 \text{ g}}{2700 \text{ g}} = 12\%$$

$$\frac{100\% \cdot 351 \text{ g}}{2700 \text{ g}} = 13\%$$

100%

$$m_k : m_s : m_c = 75 : 12 : 13$$

Rauchschwaches (rauchloses) Pulver

Etwa 1846 stellten die beiden deutschen Gelehrten Schönbein und Böttger bei chemischen Versuchen fest, daß feingemahlendes Holz durch Einwirkung von Salpetersäure (HNO_3) einen äußerst leicht entzündbaren, sehr energiereichen Stoff ergibt. Die Entdeckung war erfolgversprechend. Bei der weiteren Erforschung der Eigenschaften des neuen Stoffs stellten sich viele Hindernisse in den Weg. Für ihre Überwindung wurden 50 Jahre benötigt. Ein brauchbares Schießpulver mit vielen guten Eigenschaften war gefunden.

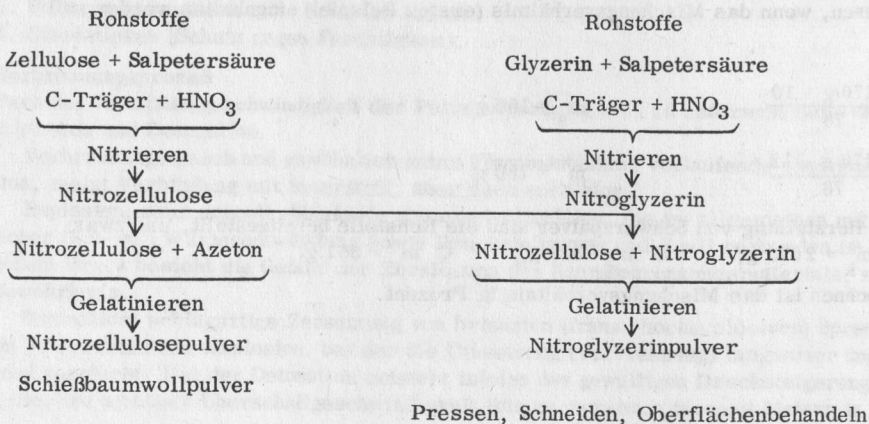
Rauchschwaches Pulver besteht aus

- Zellulose oder Glycerin und
- Salpetersäure sowie
- Äther oder Azeton.

Die Herstellung des rauchschwachen Pulvers erfolgt durch Nitrieren der Zellulose, einem chemischen Prozeß. Als sein Ergebnis entsteht „Nitrozellulose“ oder „Schießbaumwolle“. Zellulose wird 10 ... 15 min lang in Salpetersäure getaucht. Dabei bildet sich ein poröser, feinfaseriger Stoff, der sehr leicht entzündbar ist und mit großer Geschwindigkeit verbrennt.

Als Schießpulver ist Nitrozellulose nicht verwendbar, weil die Gefahr der Selbstentzündung zu groß ist. Auch die äußerst hohe Verbrennungsgeschwindigkeit ist unerwünscht, denn das Geschoß kann sich infolge seiner Trägheit in der kurzen Zeit nicht fortbewegen. Die Folge davon würde ein zu hoher Gasdruck im Lauf sein (Detonationsgefahr). Erst durch eine Weiterbehandlung mit Azeton oder Äther werden die gefährlichen Eigenschaften beseitigt. Es bildet sich eine homogene gelatineartige Masse mit bedeutend geringerer Entzündbarkeit und Verbrennungsgeschwindigkeit. Dieser Prozeß wird Gelatinieren genannt. (Das Gelatinierungsmittel wird später wieder entfernt.) Die gelatinierte Masse wird gut durchgeknetet und in einer Presse zu Röhren, Streifen oder sonstigen Formen gepreßt. Die langen Fäden werden in kleine Stückchen geschnitten. Je nach dem Verwendungszweck wird zuletzt die Oberfläche mit Graphit oder ähnlich wirkenden Stoffen behandelt, wodurch die Verbrennungsgeschwindigkeit reguliert werden kann.

Tafel 4.2.1. Übersicht über die Herstellung rauchschwacher Pulver



Rauchschwaches Pulver zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

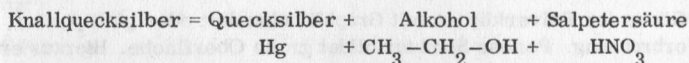
- kaum wahrnehmbare Rauchentwicklung,
- geringer Verbrennungsrückstand,
- leicht veränderliche Verbrennungsgeschwindigkeit,
- gute Anpassungsfähigkeit an den Verwendungszweck.

Es wird für alle Jagdpatronenarten verwendet.

Zündmittel

Das Zündmittel hat die Aufgabe, den Verbrennungsvorgang des Pulvers einzuleiten.

Das Zündmittel für Schwarzpulver enthielt Kaliumchlorat (KClO_3) und Schwefel. Die Verbrennungsrückstände des Schwarzpulvers und des Zündmittels verursachten bei guter Pflege des Laufinnern keine spürbaren Korrosionserscheinungen. Das Zündmittel für rauchschwaches Pulver mußte den Eigenschaften des Pulvers angepaßt werden, d.h., es mußte wegen der schwereren Entzündbarkeit eine größere Zündfähigkeit aufweisen. Diese Eigenschaft zeigt Knallquecksilber.



Nach Einführung dieses Zündmittels traten im Laufinnern Korrosionserscheinungen auf, die es für diese Zwecke ungeeignet machten. Heute gibt es korrosionsfreie Zündmittel.

Anforderungen an ein Zündmittel sind

- nahezu unbegrenzte Lagerbeständigkeit;
- leichte Entzündbarkeit (Reiben der Kristalle beim Auftreffen der Schlagstückspitze oder des Bolzens auf das Zündhütchen);
- große Zündfähigkeit durch Entwicklung einer großen, heißen Stichflamme;
- keine hygroskopischen Rückstände;
- Erosionssicherheit (Lauferosion - Abnutzungerscheinung durch glühende Teilchen des Zündsatzes, die mit großer Geschwindigkeit auf die Laufwandung prallen);
- nicht gesundheitsschädliche Verbrennungsgase;
- Zusammensetzung aus einheimischen Rohstoffen.

Entzündung und Verbrennung des Pulvers

Die Verbrennung des Pulvers wird durch heiße Stichflammen oder Zündstrahlen eingeleitet, die sich bei der Verbrennung des Zündmittels bilden und durch die Zündkanäle in den Pulverraum treten (Bilder 4.2.2 und 4.2.3).

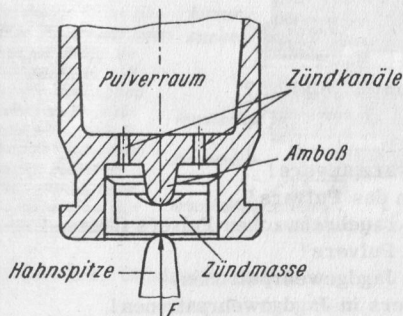


Bild 4.2.2
Zentralfeuerpatrone

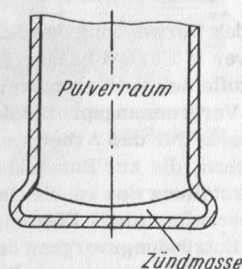


Bild 4.2.3
Randfeuerpatrone

Das Entzünden der Zündmasse erfolgt durch Aneinanderreiben der einzelnen Kristalle. Die zum Entzünden der Zündmasse erforderliche Entzündungsarbeit wird vom Schlagstück

verrichtet, das von der Schlagfeder das entsprechende Arbeitsvermögen in Form von Bewegungsenergie erhält.

Die Größe der Entzündungsarbeit ist abhängig von der

- Verformbarkeit des Zündhütchens,
- Entzündbarkeit der Zündmasse.

Die erforderliche Entzündungsarbeit wird durch einen Versuch ermittelt, wie er im Abschn. 3.5.2.2. beschrieben ist. Die sehr heißen Zündstrahlen kommen in direkte Berührung mit den einzelnen Pulverkörnern. Die Berührung ist um so inniger, je schneller die Zündstrahlen die Pulverkörner erreichen können. Die gleiche Menge Pulver wird in einer kurzen, weiten Patronenhülse schneller verbrennen als in einer langen, engen. Für die nun einsetzende Verbrennung des Pulvers ist die Größe und Beschaffenheit der Kornoberfläche ausschlaggebend. Ihre Größe wird von der Masse und Form des Korns bestimmt. Bei gleicher Masse verschieden geformter Körner hat die Kugel die kleinste Oberfläche. Dagegen hat die Röhrenform eine verhältnismäßig große Oberfläche.

Große Oberfläche - schnelle Verbrennung!

Wird die Oberfläche der Pulverkörner mit Graphit behandelt oder glatt poliert, so verzögert sich die Verbrennung. Poröse Struktur bildet große Oberfläche. Hieraus ergibt sich eine gute Möglichkeit zum Regulieren der Verbrennungsgeschwindigkeit. Aber auch die Temperatur der Luft (Sommer und Winter) und der Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers beeinflussen die Verbrennungsgeschwindigkeit. Die Entzündung und die Verbrennung des Pulvers müssen beendet sein, wenn das Geschöß den Lauf verläßt. Diese Zeitspanne ist sehr gering.

Soll ein Geschöß z. B. eine Geschwindigkeit von 1 000 m/s haben, wenn es den 0,5 m langen Lauf verläßt, so muß das Pulver schnell verbrennen; denn nach dem Weg-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung muß die gewünschte Mündungsgeschwindigkeit in der Zeit von 0,001 s erreicht sein:

$$t = \frac{2 s}{v} = \frac{2 \cdot 0,5 \text{ m}}{1000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$t = 0,001 \text{ s.}$$

Wenn auch die Geschwindigkeitssteigerung nicht gleichmäßig erfolgt, so kann diese Zeit doch als real angenommen werden. Benötigt das Geschöß infolge langsamer Verbrennung des Pulvers zum Durcheilen des Laufs doppelt so lange, also 0,002 s, so kann seine Geschwindigkeit nur 500 m/s betragen:

$$v = \frac{2 s}{t} = \frac{2 \cdot 0,5 \text{ m}}{0,002 \text{ s}}$$

$$v = 500 \text{ m/s.}$$

Aufgaben

1. Was wissen Sie von der Verwendung des Pulvers im Mittelalter?
2. Wann wurde das Pulver in Europa bekannt?
3. Nennen Sie die Rohstoffe des Schwarzpulvers!
4. Beschreiben Sie den Verbrennungsprozeß des Schwarzpulvers!
5. Erklären Sie die Ursache für das Arbeitsvermögen des Pulvers!
6. Nennen Sie die Ursachen, die zur Entwicklung des rauchschwachen Pulvers führten!
7. Erläutern Sie die Herstellung des rauchschwachen Pulvers!
8. Nennen Sie die Eigenschaften eines Zündmittels in Jagdgewehrpatronen!
9. Beschreiben Sie den Entzündungsvorgang des Pulvers in Jagdgewehrpatronen!
10. Wodurch kann die Verbrennungsgeschwindigkeit des Pulvers verändert werden?

4.2.2. Gasdruck im Gewehrlauf

Entstehung des Gasdrucks

Die Verbrennungsgase des Pulvers beanspruchen einen über 1 000mal größeren Raum als das Pulver im festen Aggregatzustand. Der Raum steht nicht zur Verfügung. Die Folge davon ist ein Ansteigen des Drucks im Pulverraum der Patrone. Erhöhter Druck bedeutet Steigerung der Bewegungsenergie der Gasmoleküle, die dadurch mit großer Wucht direkt gegen den Geschoßboden und indirekt gegen den Stoßboden des Verschlußstücks und die Seelenwand prallen.

Aufgabe des Gasdrucks

Der Gasdruck hat das Geschoß oder die Geschoßsäule im Lauf beschleunigt zu bewegen, damit diese beim Verlassen des Laufs die gewünschte Anfangsgeschwindigkeit haben. Der Gasdruck wirkt auf den Geschoßboden und erzeugt die zur Beschleunigung des Geschosses erforderliche Kraft.

Die Bewegung des Geschosses bzw. der Geschoßsäule erfolgt nach dem „Dynamischen Grundgesetz“:

$$F = m \cdot a.$$

Messen des Gasdrucks

Der Verlauf und die Größe des Gasdrucks können gemessen werden. Die Kenntnis der Meßwerte ermöglicht die Berechnung weiterer wichtiger Größen, wie Geschosßbeschleunigungskraft, Geschosßgeschwindigkeit und -beschleunigung, Rückstoßwirkung, Belastung des Laufwerkstoffs, Belastung der Verschußteile, Verlauf der Pulververbrennung u. a., die die Grundlagen für den Aufbau und die Abmessungen der Waffen sowie für die Wirkung der Geschosse im Wildkörper bilden.

*Gasdruckmesser nach System Mauser in Ausführung RWS
mit zylindrischer Führungsbüchse*

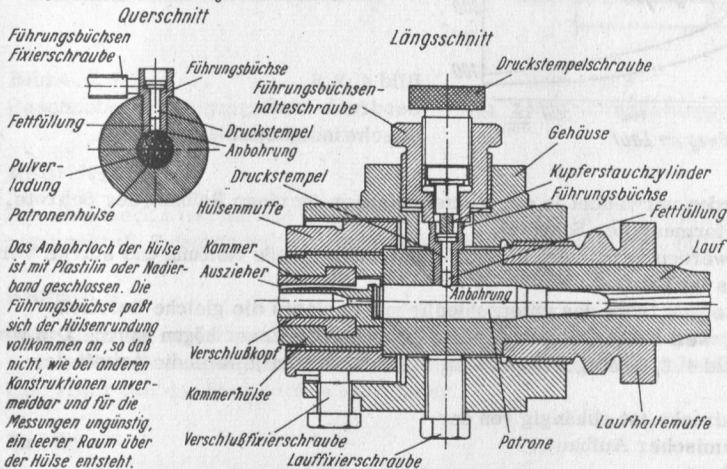


Bild 4.2.4. Gasdruckmesser

Der im Bild 4.2.4 dargestellte Gasdruckmesser gestattet das Messen des maximalen Gasdrucks. Ein Kupferzylinder wird durch einen Stahlstempel gestaucht, der in Verbindung mit dem Verbrennungsraum steht. Der Grad der dadurch auftretenden Verformung ist ein Maß für die Größe des maximalen Gasdrucks.

Ein Gerät, das den Verlauf des Gasdrucks in Abhängigkeit von der Zeit als Diagramm aufzeichnet, ist der Piezo-Indikator (Bild 4.2.5).

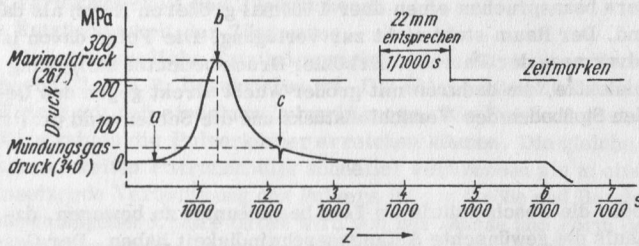


Bild 4.2.5. Gasdruckdiagramm eines Piezo-Indikators

- a) Beginn der Verbrennung des Pulvers; b) maximaler Gasdruck ist erreicht;
c) Geschoß verläßt den Lauf

Bild 4.2.6 zeigt Gasdruck- und Geschwindigkeitsdiagramme, die durch Verwertung der Messungen an verschiedenen Stellen des Lauf zustande gekommen sind. Die sofort steil ansteigende Gasdruckkurve gehört zu einem schnell (offensiv) verbrennenden Pulver, die weniger steil ansteigende zu einem langsam (progressiv) verbrennenden Pulver.

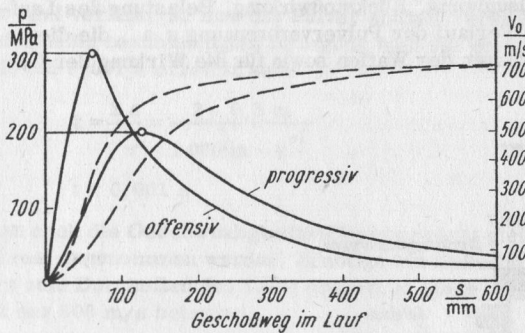


Bild 4.2.6
Gasdruck- und
Geschwindigkeitsdiagramm

Offensive Pulver werden verwendet in der Flintenmunition (geringe Reibung der Schrote, keine nennenswerte Verformung der Schrote).

Progressive Pulver werden verwendet in Büchsenpatronen (große Reibung und starke Verformung des Geschosses im Lauf).

Beide Gasdrücke erzeugen trotz des unterschiedlichen Verlaufs die gleiche Geschosßanfangsgeschwindigkeit, weil beide Pulverarten das gleiche Arbeitsvermögen haben. Die von den Gasdruckkurven (Bild 4.2.6) eingeschlossenen Flächen stellen jeweils die Arbeit der Pulvergase dar.

Der Verlauf des Gasdrucks ist abhängig von der

- Art des Pulvers (chemischer Aufbau);
- Masse der Pulverladung;
- Größe, Form und Oberflächenbeschaffenheit der Pulverkörner;
- Zündfähigkeit des Zündmittels;
- Verbrennungsgeschwindigkeit des Pulvers;
- Masse, der Form und dem Werkstoff des Geschosses;
- Aufbürdelung der Flintenpatrone bzw. dem Auszugwiderstand des Geschosses;
- Größe des Widerstands zwischen Seelenwand und Geschoß.

Wirkungen des Gasdrucks

Der Gasdruck erzeugt Kräfte, die auf die Begrenzungsflächen des Pulverraums wirken. Von der Warte der inneren Ballistik sind es drei Kräfte, deren Wirkungen der Jagdwaffenmechaniker und Schütze kennen muß.

Der Gasdruck erzeugt die

- Geschoßbeschleunigungskraft,
- auf die Seelenwand wirkende Kraft,
- auf die Stoßbodenfläche des Verschlusstücks wirkende Kraft (Rückstoß).

Aufgaben

1. Erklären Sie die Entstehung des Gasdrucks im Gewehrlauf!
2. Beschreiben Sie die Wirkung des Gasdrucks auf das Geschoß!
3. Wie verläuft der Gasdruck innerhalb und außerhalb des Laufs?
4. Beschreiben Sie die Wirkungsweise eines Gasdruckmessers!
5. Nach welchem physikalischen Grundgesetz werden das Geschoß bzw. die Geschoßsäule bewegt?
6. Nennen Sie die durch den Gasdruck entstehenden Kräfte!

4.2.3. Geschoßbeschleunigungskraft

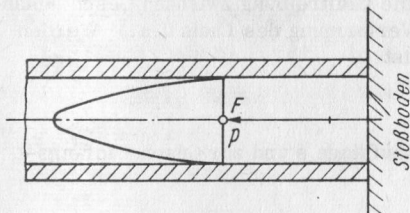


Bild 4.2.7

Geschoßbeschleunigungskraft

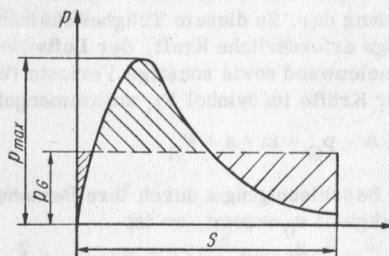


Bild 4.2.8

Mittlerer Gasdruck p_G

Angriffspunkt

Der Gasdruck wirkt auf die Geschoßbodenfläche. Die daraus resultierende Geschoßbeschleunigungskraft F denken wir uns im Schwerpunkt der Geschoßbodenfläche angreifend.

Richtung

Der Gasdruck wirkt senkrecht auf die Geschoßbodenfläche. Dieselbe Richtung hat auch die Geschoßbeschleunigungskraft. Da der Angriffspunkt auf der Seelenachse liegt, fällt die Wirkungslinie mit der Seelenachse zusammen.

Größe

Die Größe der Geschoßbeschleunigungskraft wird nach dem „Statischen Grundgesetz“ berechnet:

$$F = A \cdot p$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

F Kraft

A Fläche

p Gasdruck

$$F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot p$$

Der Gasdruck p verläuft nicht konstant. Um die Gleichung verwenden zu können, muß der Gasdruck gesucht werden, der bei gleichbleibender Größe dieselbe Wirkung erzielen würde

wie der tatsächliche. Verwandelt man die von der Gasdruckkurve eingeschlossene Arbeitsfläche (Bild 4.2.8) in ein Rechteck, so ist dessen Höhe der als konstant anzunehmende mittlere Gasdruck p_G . Auf Grund von Versuchsergebnissen kann angenommen werden, daß

$$0,4 p_{\max} \leq p_G \leq 0,6 p_{\max}$$

Wirkung

Durch Annahme eines konstant wirkenden Gasdrucks wird auch die Geschößbeschleunigungskraft F konstant. Die von dem Geschöß beim Durchheilen des Laufs tatsächlich ausgeführte, ungleichmäßig beschleunigte Bewegung wird damit theoretisch in eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung umgewandelt. Die rechnerische Ermittlung ist nun nach den Gesetzen der gleichmäßig beschleunigten Bewegung möglich, die erheblich einfacher als die der ungleichmäßig beschleunigten Bewegung ist. Es gelten die physikalischen Gesetze

$$F = A \cdot p_G \quad \text{und} \quad F = m \cdot a.$$

Durch Gleichsetzen erhält man

$$A \cdot p_G = m \cdot a.$$

Die linke Seite der Gleichung stellt die durch den mittleren Gasdruck zur Verfügung stehende Kraft, die rechte den Trägheitswiderstand der Geschößmasse zuzüglich der halben Masse der Pulverladung dar. Zu diesem Trägheitszustand kommen die zum Einpressen des Geschosses in die Züge erforderliche Kraft, der Luftwiderstand, die Gleitreibung zwischen Geschößmantel und Seelenwand sowie sonstige Verluste (Wärme, Verformung des Laufs u.a.). Werden diese vier Kräfte im Symbol F_R zusammengefaßt, so ist

$$A \cdot p_G = m \cdot a + F_R.$$

Wird die Beschleunigung a durch ihre Beziehung zur Lauflänge s und zur Geschößanfangsgeschwindigkeit v_o ersetzt, so ist

$$a = \frac{v_o^2}{2 \cdot s}, \quad A \cdot p_G = \frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot s} + F_R.$$

Bei Verwendung vorstehender Gleichung sollten die folgend aufgeführten Symbole und Einheiten benutzt werden. Sie sind aufeinander abgestimmt und erleichtern die Rechenarbeit.

Symbol	m	v_o	s	A	p_G	F_R	a	d
Einheit	kg	m/s	m	mm ²	MPa (N/mm ²)	N	m/s ²	mm

Durch Umformen der Gleichung ergeben sich nachfolgend aufgeführte Berechnungsgleichungen für die einzelnen Größen:

$$v_o = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot (A \cdot p_G - F_R)}{m}} \quad \text{Geschößgeschwindigkeit}$$

$$s = \frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot (A \cdot p_G - F_R)} \quad \text{Lauflänge}$$

$$m = \frac{2 \cdot s \cdot (A \cdot p_G - F_R)}{v_o^2} \quad \text{Geschößmasse}$$

$$p_a = \frac{1}{A} \cdot \left(\frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot s} + F_R \right)$$

Konstanter Gasdruck

$$A = \frac{1}{p_G} \cdot \left(\frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot s} + F_R \right)$$

Geschoßquerschnittsfläche

$$F_R = A \cdot p_G - \frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot s}$$

Geschoßwiderstand

Der Geschoßwiderstand F_R einschließlich der sonstigen Verluste ist durch die in Schußtafeln vorliegenden Versuchsergebnisse zu ermitteln. Liegen solche Ergebnisse für eine Patrone nicht vor, so ist eine Auswertung der Gleichungen durch Einsetzen eines geschätzten Werts für F_R möglich

Beispiele

1. Es ist der Geschoßwiderstand F_R zu errechnen. Gegeben sind folgende Werte:

$$p_{\max} = 260 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

$$p_G = 0,6 \cdot p_{\max} = 0,6 \cdot 260 \text{ N/mm}^2 = 156 \text{ N/mm}^2$$

$$s = 680 \text{ mm} = 0,68 \text{ m}$$

$$m_1 = 14,7 \text{ g} = 14,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$d = 8 \text{ mm, hieraus } A = 50 \text{ mm}^2$$

$$v_o = 650 \text{ m/s.}$$

Lösung:

$$F_R = A \cdot p_G - \frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot s} = 50 \text{ mm}^2 \cdot 156 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} - \frac{14,7 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 650^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 0,68 \text{ m}}$$

$$F_R = 7800 \text{ N} - 4567 \text{ N}$$

$$F_R = 3233 \text{ N}$$

2. Die Masse eines Geschosses Kal. 8 mm ist 15 g, die Lauflänge 600 mm. Das Geschöß soll den Lauf mit einer Geschwindigkeit von 600 m/s verlassen. Laufinnenwiderstand und sonstige Verluste sind 5000 N, $p_G = 0,6 p_{\max}$. Es ist der erforderliche maximale Gasdruck zu errechnen.

Lösung:

$$p_{\max} = \frac{p_G}{0,6} = \frac{1}{0,6 \cdot A} \cdot \left(\frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot s} + F_R \right)$$

$$p_{\max} = \frac{1}{0,6 \cdot 50 \text{ mm}^2} \cdot \left(\frac{15 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 600^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 0,6 \text{ m}} + 5000 \text{ N} \right)$$

$$p_{\max} = \frac{1}{30 \text{ mm}^2} \cdot (4500 + 5000) \text{ N} = \frac{9500}{30} \text{ N/mm}^2$$

$$p_{\max} = 317 \text{ MPa}$$

3. Der konstant wirkende mittlere Gasdruck sei 250 N/mm^2 , das Laufkaliber 8 mm . Es ist die auf das Geschöß wirkende Beschleunigungskraft zu errechnen.

Lösung:

$$F = A \cdot p_G = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_G = 50 \text{ mm}^2 \cdot 250 \text{ N/mm}^2$$

$$F = 12500 \text{ N}$$

4. Ein Geschöß Kal. $9,3$ soll durch eine konstant wirkende Kraft von 15000 N beschleunigt werden. Es ist der erforderliche mittlere Gasdruck zu errechnen.

Lösung:

$$p_G = \frac{F}{A} = \frac{15000 \text{ N}}{68 \text{ mm}^2}$$

$$p_G = 221 \text{ MPa}$$

Es sei hier aber bemerkt, daß in der DDR Jagdwaffen dieses Kalibers nicht zweckmäßig sind. Der Jäger unterschätzt zwar oftmals die Vorzüge kleinkalibriger Jagdwaffen. Gegenwärtig wird das Rehkitz beispielsweise zumeist mit dem Kaliber $8/57 \text{ IRS}$ geschossen; mit dem Kaliber $7/57$ ist die gleiche Wirkung zu erzielen, die Wildbretzerstörung aber etwas geringer, die Flugbahn etwas gestreckter. Hervorragend ist das Kaliber $7/65$, das dem guten Schützen Schüsse auf weite Entfernungen erlaubt. Fast ideal ist das Kaliber $6,5/57$; mit dieser Hochleistungspatrone bringen Jäger die stärksten Rothirsche und Keiler auf Entfernungen von 200 m zur Strecke. (Zur Zeit des Raubschießens auf Elefanten wurden Tausende von Elefanten mit dem Kaliber 7 mm erlegt.)

5. Die Masse eines Geschosses ist 12 g . Das Geschöß wird durch eine konstant wirkende Kraft von 11000 N beschleunigt. Es ist die Beschleunigung des Geschosses zu errechnen.

Lösung:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{11000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{0,012 \text{ kg}}$$

$$a = 917000 \text{ m/s}^2$$

6. Ein Geschöß wird aus einem 500 mm langen Lauf mit einer Beschleunigung von 900000 m/s^2 geschossen. Es ist die Mündungsgeschwindigkeit zu errechnen.

Lösung:

$$v_o^2 = 2 \cdot a \cdot s = 2 \cdot 9 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,5 \text{ m} = 9 \cdot 10^5 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$v_o = \sqrt{9 \cdot 10^5 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$v_o = 949 \text{ m/s}$$

7. Die Masse eines Geschosses ist 10 g . Es soll den 620 mm langen Lauf mit einer Geschwindigkeit von 500 m/s verlassen. Es ist die erforderliche Geschößbeschleunigungskraft zu errechnen.

Lösung:

$$F = a \cdot m = \frac{v_o^2 \cdot m}{2 \cdot s} = \frac{500^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,01 \text{ kg}}{2 \cdot 0,62 \text{ m}}$$

$$F = 2016 \text{ N}$$

8. In einer Versuchsanstalt wurden ermittelt: Gewehrkaliber 7 mm , $p_{\max} = 360 \text{ N/mm}^2$, Lauflänge 600 mm , Mündungsgeschwindigkeit 550 m/s , mittlerer Gasdruck $0,55 p_{\max}$, Geschößmasse 12 g . Es ist der bei der Bewegung des Geschosses im Lauf wirkende Widerstand F_R zu errechnen.

Lösung:

$$F_R = A \cdot p_G - \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2 \cdot s} = 38,5 \text{ mm}^2 \cdot 0,55 \cdot 360 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} - \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 550^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 0,6 \text{ m}}$$

$$F_R = 7623 \text{ N} - 3025 \text{ N}$$

$$F_R \approx 4600 \text{ N}$$

9. Ermittelt wurden: Geschoßwiderstand 4 000 N, konstanter Druck im Lauf 150 N/mm², Kal. 8 mm, Mündungsgeschwindigkeit 700 m/s, Lauflänge 650 mm. Geschoßbeschleunigung und -masse sind zu errechnen.

Lösung:

$$a = \frac{v_o^2}{2 \cdot s} = \frac{700^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 0,65 \text{ m}} \approx 377 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$$

$$a = 377\,000 \text{ m/s}^2$$

$$m = \frac{2 \cdot s \cdot (A \cdot p - F_R)}{v_o^2} = \frac{2 \cdot 0,65 \text{ m} \cdot (50 \text{ mm}^2 \cdot 150 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} - 4\,000 \text{ N})}{700^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$m = \frac{1,3 \text{ m} \cdot 3\,500 \text{ N}}{49 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = 0,009 \cdot \frac{\text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$m = 9 \text{ g}$$

10. Ermittelt wurden: Geschoßwiderstand 5 000 N, konstanter Gasdruck 180 N/mm², Kaliber 9 mm, Geschoßmasse 18 g, Lauflänge 600 mm. Es sind die Mündungsgeschwindigkeit und die Geschoßbeschleunigung zu errechnen.

Lösung:

$$v_o = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot (A \cdot p - F_R)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,6 \text{ m} (64 \text{ mm}^2 \cdot 180 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} - 5\,000 \text{ N})}{0,018 \text{ kg}}}$$

$$v_o = \sqrt{\frac{434\,667 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{kg}}}$$

$$v_o = 660 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{v_o^2}{2 \cdot s} = \frac{660^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 0,6 \text{ m}}$$

$$a = 363\,000 \text{ m/s}^2$$

11. Ermittelt wurden: Geschoßwiderstand 4 000 N, konstanter Gasdruck 144 N/mm², Kal. 8 mm, Geschoßmasse 12 g, Mündungsgeschwindigkeit 600 m/s. Es sind die Lauflänge und die Geschoßbeschleunigung zu errechnen.

Lösung:

$$s = \frac{m \cdot v_o^2}{2 \cdot (A \cdot p - F_R)} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 600^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot (50 \text{ mm}^2 \cdot 144 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} - 4\,000 \text{ N})}$$

$$s = \frac{4\,320 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot (7\,200 - 4\,000) \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}} = \frac{4\,320}{6\,400} \text{ m} \quad s = 0,675 \text{ m}$$

$$a = \frac{v_o^2}{2 \cdot s} = \frac{600^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 675 \text{ m}} = \frac{36 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{1,35 \text{ m}}$$

$$a = 267\,000 \text{ m/s}^2$$

12. Aus den Größen des Beispiels 11 ist die Zeit zu errechnen, die das Geschöß zum Durch-eilen des Laufs benötigt.

Lösung:

$$t = \frac{v_o}{a} = \frac{600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{267\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$t \approx 0,002 \text{ s}$$

Aufgaben

1. Erklären Sie den Begriff „Geschößbeschleunigungskraft“!
2. Nennen und erläutern Sie das Grundgesetz, mit dem die Geschößbeschleunigungskraft er-rechnet wird!

4.2.4. Rückstoß

Der Rückstoß ist ein Impuls, der sich infolge der Pulververbrennung und des damit entste-henden Gasdrucks im Lauf auf das Gewehr auswirkt. Der Schütze empfindet ihn an der Schul-ter.

Es sind zwei Impulskomponenten zu unterscheiden:

1. ein Impuls, der mit der Geschößbeschleunigung beginnt und sich in seiner Größe aus dem Impulserhaltungssatz ergibt.

$$I = m_2 \cdot v_R$$

$$I = m_1 \cdot v_o$$

$$m_2 \cdot v_R = m_1 \cdot v_o$$

I Impuls

m_1 Geschößmasse + Masse der halben Pulver-ladung

m_2 Gewehrmasse

v_o Geschößgeschwindigkeit

v_R Rückstoßgeschwindigkeit

Die Masse der halben Pulverladung wird zur Geschößmasse addiert, weil allgemein da-von ausgegangen wird, daß jeweils die Hälfte der Pulverladung nach vorn bzw. nach hin-ten bewegt wird.

2. ein Impuls, häufig auch als Raketen effekt bezeichnet, der erst wirkt, wenn das Geschöß den Lauf verlassen hat, und dessen Ursache die mit großer Geschwindigkeit den Lauf ver-lassenden Verbrennungsgase sind. Dieser Impuls ist in seiner Größe von der Ausströ-mungsgeschwindigkeit der Verbrennungsgase abhängig, diese wiederum von der Druck-differenz zwischen dem Gasdruck im Lauf im Augenblick des Austritts und dem Luftdruck außerhalb des Laufs, außerdem von der relativ kleinen Masse der Verbrennungsgase.

Die individuell empfundene Rückstoßwirkung ist erfahrungsgemäß hauptsächlich der plötz-liche, kurzzeitig wirkende Stoß des Impulses (Rückstoßgeschwindigkeit), weniger die abso-lute Größe des Impulses.

Die Geschwindigkeit v_R der ersten Impulskomponente läßt sich aus dem Impulserhaltungs-satz errechnen:

$$m_2 \cdot v_R = m_1 \cdot v_o$$

$$v_R = \frac{m_1 \cdot v_o}{m_2}$$

Große Geschößmasse und große Geschößgeschwindigkeit bewirken eine große Rückstoßge-schwindigkeit, d. h., m_1 und v_o verhalten sich direkt proportional zu v_R ; aber große Gewehr-

masse bewirkt eine kleine Rückstoßgeschwindigkeit, d.h., m_2 verhält sich umgekehrt proportional zu v_R .

Die durch die zweite Impulskomponente entstehende Vergrößerung der Rückstoßgeschwindigkeit (Raketeneffekt) ist abhängig sowohl vom Gasdruck im Lauf als auch von der Lauflänge. Hoher Gasdruck beim Austritt des Geschosses aus dem Lauf führt zu großer Ausströmgeschwindigkeit der Verbrennungsgase. Bei Verwendung der gleichen Patrone ist dieser Gasdruck und damit die Ausströmgeschwindigkeit und der Einfluß auf die Rückstoßwirkung um so größer, je kürzer der Lauf ist. Schließlich ist die individuell empfundene Rückstoßwirkung noch von der Schaftlage und der Schußsituation abhängig. Große Schaftsenkung und Schießen auf dem Schießstand erhöhen im allgemeinen die Rückstoßempfindung.

Rückstoßkraft F_R (zweite Impulskomponente)

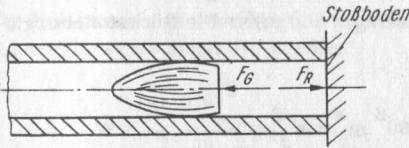


Bild 4.2.9
Rückstoßkraft

Angriffspunkt: Der Gasdruck wirkt auf die Stoßbodenfläche des Verschlusses. Die daraus resultierende Rückstoßkraft F_R denken wir uns im Schwerpunkt der Fläche angreifend.

Richtung: Wie bei der Geschößbeschleunigungskraft, so fällt die Wirkungsline der Rückstoßkraft auch hier mit der Seelenachse zusammen.

Größe (konstanter Mittelwert): $F_R = A \cdot p_G$.

Rückstoßenergie W_R

$$W_R = \frac{m_2 \cdot v_R^2}{2}$$

$$v_R = \frac{m_1 \cdot v_o}{m_2}$$

m_2 Gewehrmasse

v_R Rückstoßgeschwindigkeit

$$W_R = \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2}$$

$$v_R^2 = \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{m_2^2}$$

Die Gleichung enthält die Größen Geschößmasse und Geschößgeschwindigkeit in der zweiten Potenz, während die Größe Gewehrmasse in der ersten Potenz auftritt, d.h., Geschößmasse und Geschößgeschwindigkeit üben einen stärkeren Einfluß auf die Rückstoßenergie aus als die Gewehrmasse. Wird z.B. bei einem Versuch nur die Geschößmasse verdoppelt, so steigt die Rückstoßenergie auf das Vierfache. Dasselbe würde durch Verdoppeln der Geschößgeschwindigkeit (was durch eine erhöhte Pulverladung erreichbar ist) bei konstanter Geschöß- und Gewehrmasse eintreten. Doppelte Gewehrmasse hat dagegen nur halbe Rückstoßenergie zur Folge.

Diese Berechnung der Rückstoßenergie W_R enthält nur die Größen der ersten Impulskomponente. Eine exakte Berücksichtigung der zweiten Impulskomponente würde die Berechnung erheblich umfangreicher gestalten, beispielsweise

$$v_R = 1,2 \cdot \frac{m_1 \cdot v_o}{m_2}$$

$$W_R = \frac{m_1^2 \cdot (1,2 \cdot v_o)^2}{2 \cdot m_2}$$

$$W_R = 1,44 \cdot \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2}$$

Beispiele

1. Die Masse eines Gewehrs ist 3 kg, die Masse des Geschosses 10 g und die Mündungsgeschwindigkeit 600 m/s. Die Rückstoßenergie ist zu errechnen.

Lösung:

$$W_R = \frac{1,44 \cdot m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2} = \frac{1,44 \cdot 10^{-4} \text{ kg}^2 \cdot 600^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 3 \text{ kg}}$$

$$= 8,64 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = 8,64 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$W_R = 8,64 \text{ J}$$

2. Die Geschoßmasse und die halbe Pulvermasse betragen $m_1 = 12 \text{ g} + \frac{4}{2} \text{ g} = 14 \text{ g}$, die Gewehrmasse $m_2 = 3,1 \text{ kg}$ und die Mündungsgeschwindigkeit $v_o = 600 \text{ m/s}$. Die Rückstoßenergie und -geschwindigkeit sind zu errechnen.

Lösung:

$$W_R = 1,44 \cdot \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2} = 1,44 \cdot \frac{0,014^2 \cdot \text{kg}^2 \cdot 600^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 3,1 \text{ kg}}$$

$$W_R = 16,4 \text{ J}$$

$$v_R = 1,2 \cdot \frac{m_1 \cdot v_o}{m_2} = 1,2 \cdot \frac{0,014 \text{ kg} \cdot 600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{3,1 \text{ kg}}$$

$$v_R = 3,25 \text{ m/s}$$

3. Ermittelt wurden: $m_1 = 15 \text{ g}$, $v_R = 3,2 \text{ m/s}$ und $v_o = 800 \text{ m/s}$. Die Gewehrmasse ist zu errechnen.

Lösung:

$$m_2 = 1,2 \cdot \frac{m_1 \cdot v_o}{v_R} = \frac{1,2 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 800 \text{ m/s}}{3,2 \text{ m/s}}$$

$$m_2 = 4,5 \text{ kg}$$

4. Ermittelt wurden: $v_o = 600 \text{ m/s}$, $v_R = 2,5 \text{ m/s}$ und $m_2 = 3 \text{ kg}$. Die Geschoßmasse ist zu errechnen.

Lösung:

$$m_1 = \frac{m_2 \cdot v_R}{1,2 \cdot v_o} = \frac{3 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ m/s}}{1,2 \cdot 600 \text{ m/s}} = 0,0104 \text{ kg}$$

$$m_1 = 10,4 \text{ g}$$

5. Ermittelt wurden: $v_R = 2,5 \text{ m/s}$, $m_2 = 1,8 \text{ kg}$, $m_1 = 9,5 \text{ g}$. Die Geschoßgeschwindigkeit ist zu errechnen.

Lösung:

$$v_o = \frac{m_2 \cdot v_R}{1,2 \cdot m_1} = \frac{1,8 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ m/s}}{1,2 \cdot 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$v_o = 395 \text{ m/s}$$

Durch Verknüpfung des Impulssatzes

$$m_1 \cdot v_o = m_2 \cdot v_R$$

mit dem Energiesatz

$$W = \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2} + \frac{m_2 \cdot v_R^2}{2}$$

können v_o und v_R errechnet werden, wenn die beiden Massen m_1 und m_2 und die Geschoßenergie bekannt sind. Es ergibt sich das Gleichungssystem:

$$v_o^2 = \frac{2 \cdot m_2 \cdot W}{m_1 \cdot (m_1 + m_2)}, \quad v_R^2 = \frac{2 \cdot m_1 \cdot W}{m_2 \cdot (m_1 + m_2)}$$

Da die Rückstoßgeschwindigkeit zumeist nicht bekannt ist, kann aus der ersten Gleichung die Geschoßenergie ermittelt werden.

$$W = \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2} (m_1 + m_2)$$

In unserem Fall ist m_1 gegenüber m_2 sehr klein, z.B.

$$m_1 : m_2 = 12 : 3\,000 = 1 : 250,$$

so daß m_1 in der Summe $(m_1 + m_2)$ vernachlässigt werden kann. Der dadurch entstehende Fehler ist unbedeutend. Die Gleichung erhält dann die einfachere Form:

$$W = \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2}$$

Das ist aber die Gleichung für die kinetische Energie des Geschosses, aus der v_o zu errechnen ist. Hier muß berücksichtigt werden, daß nach dem Energiesatz W nur der Teil der beim Schuß frei werdenden Pulverenergie ist, der für die Bewegung der Geschoß- und Gewehrmasse zur Verfügung steht. Nach der Energiebilanz sind dies etwa 30 ... 40 %.

Beispiele

6. In einem Gewehrlauf wird beim Verbrennen des Pulvers eine Energie von 12 000 J frei. Die Geschoßmasse einschließlich Masse der halben Pulverladung ist 12 g, die Gewehrmasse 3 kg. Die Energieverluste durch Reibung des Geschosses an der Laufwand, Einpressen des Geschosses in die Züge, Verformung des Laufwerkstoffs, Wärmeverluste usw. sind mit 60 % zu berücksichtigen. Es sind die Geschoßgeschwindigkeit und die Rückstoßgeschwindigkeit zu errechnen.

Lösung:

$$v_o = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{1,44 \cdot m_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12\,000 \cdot 0,4 \text{ J}}{1,44 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}} = \sqrt{\frac{9,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{0,01728 \text{ kg}}}$$

$$v_o = 745 \text{ m/s}$$

$$v_R = 1,2 \cdot \frac{m_1 \cdot v_o}{m_2} = \frac{1,2 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 745 \text{ m/s}}{3 \text{ kg}}$$

$$v_R = 3,58 \text{ m/s}$$

7. Ein Gewehr hat eine Masse von 2,8 kg. Beim Schuß entsteht eine Rückstoßgeschwindigkeit von 1,8 m/s. Die Rückstoßenergie ist zu errechnen.

Lösung:

$$W_R = \frac{m_2 \cdot v_R^2}{2} = \frac{2,8 \text{ kg} \cdot 1,8^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2} = 4,54 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$W_R = 4,54 \text{ J}$$

8. Die Rückstoßenergie eines Gewehrs soll bei einer Rückstoßgeschwindigkeit von 2 m/s 10 J betragen. Die Gewehrmasse ist zu errechnen.

Lösung:

$$m_2 = \frac{2 \cdot W_R}{v_R^2} = \frac{2 \cdot 10 \text{ J}}{2^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = \frac{20 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{4 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$m_2 = 5 \text{ kg}$$

9. Die Geschossmasse einschließlich halbe Pulvermasse ist 14 g, die Gewehrmasse 3 kg und die Mündungsgeschwindigkeit 600 m/s. Die Rückstoßenergie ist zu errechnen.

Lösung:

$$W_R = 1,44 \cdot \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2} = 1,44 \cdot \frac{0,014^2 \text{ kg}^2 \cdot 600^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \cdot 3 \text{ kg}} \approx 17 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$W_R \approx 17 \text{ J}$$

10. Die Rückstoßenergie eines Gewehrs ist 10 J, die Gewehrmasse 3,5 kg und die Mündungsgeschwindigkeit 500 m/s. Die Masse des Geschosses einschließlich der halben Patronenmasse ist zu errechnen.

Lösung:

$$m_1 = \sqrt{\frac{10 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot 2 \cdot 3,5 \text{ kg}}{1,44 \cdot 500^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}} = \sqrt{\frac{1,96 \text{ kg}^2}{10^4}} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

$$m_1 = 14 \text{ g}$$

11. Die Rückstoßenergie ist 12 J, die Geschossmasse einschließlich halbe Pulvermasse ist 12,5 g und die Geschosßanfangsgeschwindigkeit 500 m/s. Die Gewehrmasse ist zu errechnen.

Lösung:

$$m_2 = 1,44 \cdot \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot W_R} = \frac{1,44 \cdot 0,0125^2 \text{ kg}^2 \cdot 500^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$m_2 \approx 2,34 \text{ kg}$$

12. Die Rückstoßenergie ist 11 J, die Geschossmasse einschließlich halbe Pulvermasse 11,3 g und die Gewehrmasse 2,8 kg. Die Geschosßanfangsgeschwindigkeit ist zu errechnen.

Lösung:

$$v_o = \sqrt{\frac{2 \cdot W_R \cdot m_2}{1,44 \cdot m_1^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot 2,8 \text{ kg}}{1,44 \cdot 0,0113^2 \text{ kg}^2}}$$

$$v_o \approx 579 \text{ m/s}$$

Aufgaben

1. Erläutern Sie die Begriffe „Rückstoß“, „Rückstoßgeschwindigkeit“ und „Rückstoßenergie“!
2. Nennen Sie die Größen, von denen die Rückstoßenergie abhängig ist!
3. Erläutern Sie anhand der Gleichung

$$W_R = \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2}$$

die Abhängigkeit der Rückstoßenergie von den übrigen beteiligten Größen!

4.2.5. Arbeit der Pulvergase

Das Gesamtarbeitsvermögen des Pulvers ist die Summe aus Nutz- und Verlustarbeit. Die Nutzarbeit entspricht der Bewegungsenergie des Geschosses.

Die Verlustarbeit des Pulvers entsteht durch die

- Rückstoßkraft (etwa 0,3 %),
 - Wärmeabgabe an Lauf, Geschöß und Patronenhülse,
 - Reibung bei der Geschößbewegung,
 - Verformung des Geschosses beim Einpressen der Züge,
 - Wärmeenergie der Pulvergase,
 - Verformung des Laufs.
- Die Verlustarbeit ist erheblich größer als die verbleibende Nutzarbeit. Aus Schußversuchen, die von dem Ballistiker Prof. Cranz durchgeführt wurden, ergab sich folgende Energiebilanz:

Bewegungsenergie des Geschosses	33 % = 3 785 J
Bewegung des Pulvers	7 % = 803 J
Wärmeverluste	23 % = 2 638 J
sonstige Verluste	37 % = 4 244 J
Gesamtarbeitsvermögen	100 % = 11 470 J

Beispiel

Bei dem obengenannten Versuch betragen: Geschößmasse $m_1 = 12$ g; Verbrennungswärme $H = 3560$ J/g; Pulvermasse $m = 3$ g. Zu errechnen ist der Wirkungsgrad.

Lösung:

$$\eta = \frac{\text{Geschößenergie}}{\text{Pulverenergie}} = \frac{W_{\text{kin}}}{W_i}$$

Geschößenergie

$$W_{\text{kin}} = \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 600^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2}$$

$$W_{\text{kin}} = 2160 \text{ J}$$

Pulverenergie

$$W_i = m \cdot H = 3 \text{ g} \cdot 3560 \text{ J/g} = 10680 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{2160}{10680} = 0,202$$

$$\eta = 20,2\%$$

Bei den Berechnungen wurde davon abgesehen, daß das Gewehr mit dem Schützen eine Einheit bildet, so daß die Rückstoßmasse des fest angezogenen Gewehrs um den Teil der Masse des Schützen vergrößert wird.

4.2.6. Vorgänge in der Laufmündung

Kurz bevor das Geschöß den Lauf verläßt, herrscht im Lauf noch ein beträchtlicher Gasdruck, der auf das Geschöß die Beschleunigungskraft F in Richtung der Bewegung ausübt. Der Kraft F entgegen wirken die Reibung des Geschößmantels an der Laufwand F_R , der Luftwiderstand F_L und die Trägheit der beschleunigten Masse F_a (Bild 4.2.10).

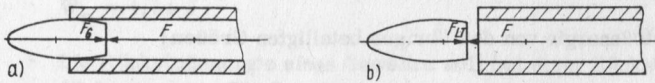


Bild 4.2.10. Kraftwirkungen an der Laufmündung

F Beschleunigungskraft; F_{LT} Luftwiderstand + Trägheit der Geschößmasse;

$$F_G = F_R + F_L + F_a$$

Wenn die Beschleunigungskraft F gleich dem Luftwiderstand F_L ist, hebt sich die Wirkung beider Kräfte auf. Das Geschöß würde sich gleichförmig weiterbewegen, wenn dieser Zustand erhalten bliebe (Bild 4.2.11).

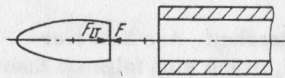


Bild 4.2.11

Geschwindigkeitsmaximum ($F_{LT} = F$)

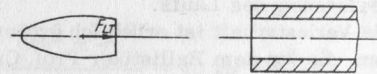


Bild 4.2.12

Verzögerte Bewegung ($F = 0$)

Die Beschleunigungskraft F fällt auf 0 ab. Es bleibt nur der Luftwiderstand $F_L = F$, der nun verzögernd auf die Bewegung wirkt (Bild 4.2.12). Ohne Berücksichtigung der Erdanziehungskraft und bei Annahme eines konstanten Luftwiderstands würde das Geschöß auf waagerechter, geradliniger Bahn eine gleichmäßig verzögerte Bewegung ausführen.

Mündungsknall

Der plötzliche Ausgleich zwischen Mündungsdruck der Pulvergase und Luftdruck erzeugt Schallwellen, die das menschliche Ohr als Knall wahrnimmt - Mündungsknall.

Mündungsfeuer

Es entsteht durch die unvollkommene Verbrennung der Pulvergase im Lauf. Die Pulverreste folgen dem Geschöß und verbrennen an der Luft. Kurzer Lauf, starke Pulverladung und leichtes Geschöß führen zu einem deutlich sichtbaren Mündungsfeuer. In den meisten Fällen verbrennen die Pulverteilchen explosionsartig, wodurch ein zweiter Knall entsteht; dieser ist wegen der Übertönung durch den Mündungsknall nicht ohne weiteres zu hören.

Geschößknall

Durch Verdichtung der Luft an der Geschößspitze entsteht eine Kopfwelle, die den Geschößknall verursacht. Versuche haben ergeben, daß sich der Geschößknall mit Verzögerung der Geschößgeschwindigkeit verstärkt. Er kann nur von jemanden gehört werden, der sich schräg vor dem Schützen befindet. Der Geschößknall tritt auf, wenn die Geschößgeschwindigkeit größer als die Schallgeschwindigkeit ist ($v \approx 330 \text{ m/s}$).

Schrotladung an der Laufmündung

Luftwiderstand und Beschleunigungskraft sowie Mündungsknall, Mündungsfeuer und Geschößknall entstehen und wirken, wenn die einzelnen Bedingungen erfüllt sind, sowohl beim Büchsen- als auch beim Flintenschuß.

Zwischen beiden ergeben sich infolge der Verschiedenheit der Geschosse (Einzelgeschöß - Schrotgarbe) Unterschiede. Die Schrotgarbe würde sich beim Verlassen des Laufs zu schnell radial ausbreiten, wenn dieses Bestreben nicht durch die Choke-Bohrung (Laufverengung) gesteuert würde.

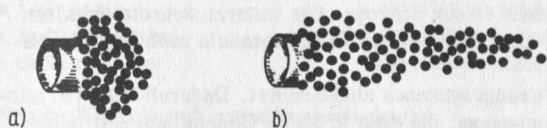


Bild 4. 2. 13. Schrotgarbe 1 m vor der Laufmündung bei
a) zylindrischer Laufbohrung; b) Vollchoke-Bohrung

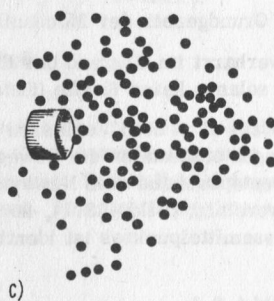
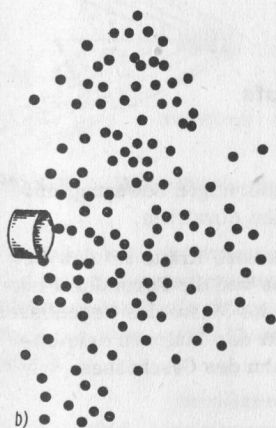
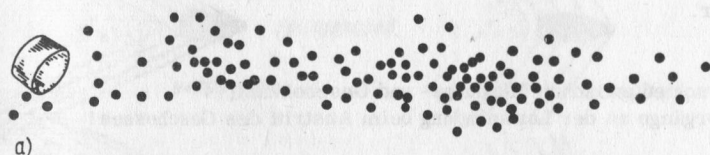


Bild 4. 2. 14. Schrotgarbe 3,5 m vor der Laufmündung bei
a) Vollchoke-Bohrung; b) zylindrischer Bohrung; c) Halbchoke-Bohrung

Die Wirkungen der Choke-Bohrung im einzelnen sind verschieden.

Eine Analyse führt zu folgendem Ergebnis:

- Der Verengungskonus übt auf die Schrote eine stark konzentrierende Wirkung aus, die die Streubestrebungen für geraume Zeit unterbindet.
- Der Verengungskonus führt zu verstärkter Reibung der Randschrote an der Laufwandung und damit zu einer Abbremsung zumindest dieser Schrote. Die inneren Schrote erhalten dadurch die Möglichkeit, mit größerer Geschwindigkeit die Schrotsäule nach vorn zu öffnen und in die Länge zu ziehen.
- Schließlich wird der Filzpfropfen im Verengungskonus abgebremst. Dadurch wird vermieden, daß die ausströmenden Verbrennungsgase, die eine größere Geschwindigkeit haben als die Schrote, den Pfropfen in die Schrotsäule treiben. Die Folge davon wäre ein unerwünschtes Auflockern oder Auseinandertreiben der Schrotsäule. Dieselbe auflockernde Wirkung übt ein zu hoher Mündungsgasdruck aus. Die Verbrennungsgase werden infolge ihrer großen Geschwindigkeit in die Schrotsäule gedrückt und treiben die Schrote auseinander.

Aufgaben

1. Erklären Sie den Unterschied zwischen Mündungs- und Geschoßknall!
2. Beschreiben Sie die Vorgänge an der Laufmündung beim Austritt des Geschosses!

4.3. Außenballistik

4.3.1. Bewegung des Geschosses nach Verlassen des Laufs

Das erste Newtonsche Grundgesetz der Mechanik lautet:

Jeder Massepunkt verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung auf geradliniger Bahn, solange keine Kräfte (äußere Einflüsse) auf ihn einwirken.

Beim Flug des Geschosses nach dem Verlassen des Laufs wirken äußere Kräfte auf das Geschosß ein. Ihre Wirkungen bestimmen die Bewegung des Geschosses und die Form der Flugbahn. Denken wir uns entsprechend dem Newtonschen Grundgesetz die Masse des Geschosses im Massemittelpunkt vereinigt (Bild 4.3.1), so wird das Bestimmen der Flugbahn erleichtert. Der Weg des Massemittelpunktes ist identisch mit der Flugbahn des Geschosses.

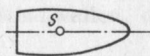


Bild 4.3.1
Massemittelpunkt des Geschosses

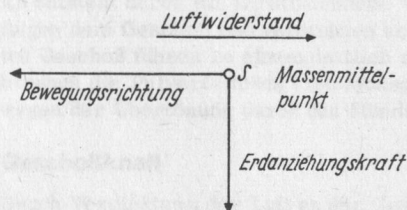


Bild 4.3.2
Beim Flug auf das Geschosß einwirkende Kräfte

Luftwiderstand F_L

Beim Flug des Geschosses nach dem Verlassen des Laufs wirken der Geschosßbewegung entgegen

- eine frontal wirkende Kraft, deren Größe von der Form der Geschosßspitze abhängt;
- Reibung zwischen Geschosßmantelfläche und Luft;
- Sog am Geschosßboden.

Die Summe dieser Kräfte bildet den Luftwiderstand.

Merkmale des Luftwiderstands

Angriffspunkt: Bei symmetrischer Form des Geschosses greift der Luftwiderstand im Massemittelpunkt des Geschosses an.

Richtung: Der Luftwiderstand wirkt der Bewegungsrichtung entgegen.

Größe: Die Größe des Luftwiderstands ist abhängig von der

- Luftdichte
- Lufttemperatur
- Geschossform
- Geschößgeschwindigkeit
- Oberflächenbeschaffenheit des Geschößmantels.

Geschößform und -geschwindigkeit

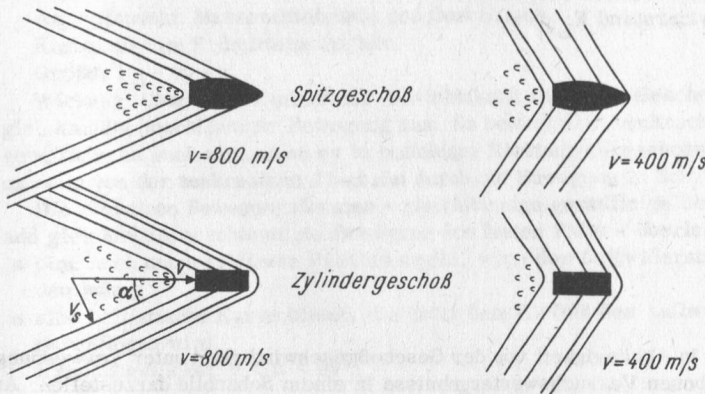


Bild 4.3.3. Wellenbildung am fliegenden Geschöß

Bild 4.3.3 zeigt Schlierenaufnahmen von fliegenden Geschossen. Sehr deutlich ist die bei allen mit Überschallgeschwindigkeit fliegenden Geschossen auftretende, nach hinten zurückweichende Kopfwellen (Machscher Kegel) zu erkennen. Der halbe Öffnungswinkel α des entstandenen Kegels wird Machscher Winkel genannt. Für die Größe dieses Winkels gilt die Beziehung

$$\sin \alpha = \frac{\text{Schallgeschwindigkeit}}{\text{Geschößgeschwindigkeit}} = \frac{v_s}{v}$$

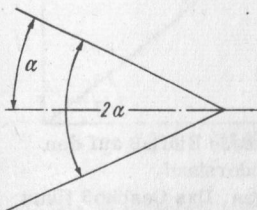


Bild 4.3.4
Machscher Kegel

Mit Hilfe von Schlierenaufnahmen ist es möglich, die Geschößgeschwindigkeit zu ermitteln.

Beispiel

Der Machsche Winkel α wurde auf Grund einer Schlierenaufnahme mit 43° ermittelt. Es ist die Geschößgeschwindigkeit bei einer Schallgeschwindigkeit von 330 m/s zu ermitteln.

Lösung:

$$v = \frac{v_s}{\sin 43^\circ} = \frac{330 \text{ m/s}}{0,682}$$

$$v = 484 \text{ m/s}$$

Luftdichte und Lufttemperatur

Je höher der Standort der Schützen (über dem Meeresspiegel) und die augenblickliche Lufttemperatur, um so kleiner sind Luftdichte und Luftwiderstand.

Tafel 4.3.1. Geschwindigkeit v eines Geschosses Kal. 8
in Abhängigkeit vom Luftwiderstand F_L

v in m/s	F_L in N
1 000	8,7
900	7,5
750	6,0
600	4,5
400	2,3

Beispiel

Es ist der Luftwiderstand in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit unter Verwendung der in Tafel 4.3.1 angegebenen Versuchswertergebnisse in einem Schaubild darzustellen. Auf der senkrechten Achse ist F_L aufzutragen.

Maßstäbe: $1 \text{ N} \cong 5 \text{ mm}$; $100 \text{ m/s} \cong 5 \text{ mm}$.

Lösung:

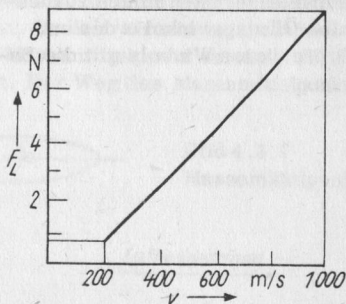


Bild 4.3.5
Geschwindigkeit in
Abhängigkeit vom Luftwiderstand

Die Oberflächenbeschaffenheit des Geschossmantels hat einen bedeutenden Einfluß auf den Luftwiderstand; je glatter die Oberfläche, um so geringer der Luftwiderstand.

Der Luftwiderstand wirkt als Kraft der Bewegungsrichtung entgegen. Das Geschöß führt unter dem Einfluß des Luftwiderstands eine verzögerte Bewegung aus. Die Geschwindigkeit ist beim Auftreffen des Geschosses auf das Ziel kleiner als beim Verlassen des Laufs. Für die verschiedenen Patronen- und Geschößarten ist die Verzögerung beim Flug verschieden groß. Der Verlauf, wie er durch Versuche mit der Patrone $8 \times 57 \text{ JRS}$ ermittelt wurde, ist aus Bild 4.3.6 zu ersehen.

Der Luftwiderstand ist um so größer, je größer die Geschößgeschwindigkeit ist. Mit zunehmender Entfernung und kleiner werdender Geschößgeschwindigkeit wird demzufolge auch der Geschwindigkeitsabfall kleiner.

Auf das Geschöß wirkt weiterhin die Gewichtskraft F_G , hervorgerufen durch die Masseanziehung der Erde.

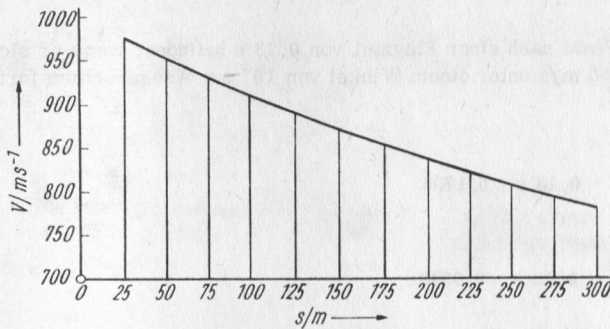


Bild 4.3.6
Abhängigkeit der
Geschossgeschwindigkeit
vom Geschossweg

Angriffspunkt: Massemittelpunkt des Geschosses.

Richtung: zum Erdmittelpunkt hin.

Größe: $F_G = m \cdot g$.

Wirkung: Unter dem Einfluß der Gewichtskraft führt das Geschosß beim freien Fall eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus. Es bewegt sich senkrecht nach unten. Diese Bewegung führt es auch aus, wenn es in beliebiger Richtung abgeschossen wird. Allerdings wird es dann von der senkrechten Flugbahn durch die Bewegung in Schußrichtung abgelenkt.

Die einzelnen Bewegungsformen - gleichförmige geradlinige Bewegung in Schußrichtung und gleichmäßig beschleunigte Bewegung des freien Falls - überlagern sich zur Flugbahn, die

- eine nach unten geöffnete Parabel ergibt, wenn der Luftwiderstand vernachlässigt werden kann;
- eine ballistische Kurve bildet, die unter dem Einfluß des Luftwiderstands vom Geschosß durchflogen wird.

Erhöhungswinkel: $0 < \alpha < 90^\circ$.

Bewegung des masselosen Punktes

Ein unter dem Winkel α zur Waagerechten abgeschossener oder geworfener Körper würde sich in dieser Richtung geradlinig, gleichförmig fortbewegen, wenn Luftwiderstand und Erdanziehungskraft als äußere Kräfte nicht wirken würden, d. h., wenn wir uns an die Stelle des Körpers einen masselosen Punkt denken (Bild 4.3.7).

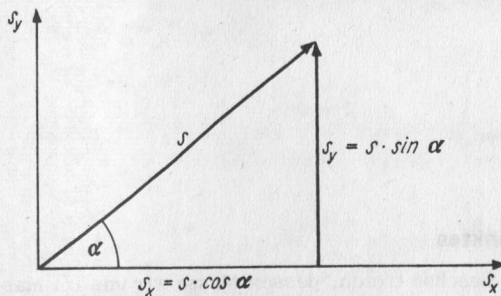


Bild 4.3.7
Wegdiagramm
(masseloser Punkt)

Die Horizontal- und die Vertikalkomponente, s_x und s_y , ergeben sich aus dem rechtwinkligen Dreieck. Mit Hilfe dieser Gleichungen kann der Ort des Punktes nach der Flugzeit t ermittelt werden:

$$s_y = s \cdot \sin \alpha = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha$$

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha$$

$$s_x = s \cdot \cos \alpha = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha$$

$$s_x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha$$

Beispiele

1. Wo würde sich ein masseloser Punkt nach einer Flugzeit von 0,13 s befinden, wenn er sich mit einer Geschwindigkeit von 600 m/s unter einem Winkel von 10° zur Waagerechten fortbewegt?

Lösung:

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha = 600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,13 \text{ s} \cdot 0,1736$$

$$s_y = 13,54 \text{ m}$$

$$s_x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha = 600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,13 \text{ s} \cdot 0,9848$$

$$s_x = 76,81 \text{ m}$$

So wie der Weg s kann auch die Geschwindigkeit v_o in zwei Komponenten zerlegt werden:

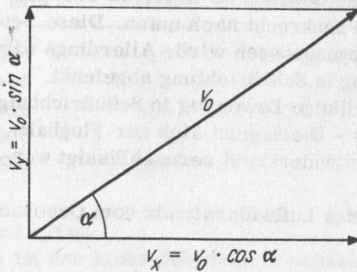


Bild 4.3.8
Geschwindigkeitsdiagramm
(masseloser Punkt)

$$v_x = v_o \cdot \cos \alpha$$

v_x horizontale Geschwindigkeitskomponente

$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha$$

v_y vertikale Geschwindigkeitskomponente.

2. Aus den im ersten Beispiel gegebenen Werten für die Bewegung des masselosen Punktes sind die senkrechte und waagerechte Geschwindigkeitskomponente zu errechnen.

Lösung:

$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha = 0,1736 \cdot 600 \text{ m/s}$$

$$v_y = 104 \text{ m/s}$$

$$v_x = v_o \cdot \cos \alpha = 0,848 \cdot 600 \text{ m/s}$$

$$v_x = 509 \text{ m/s}$$

Bewegung des mit Masse behafteten Punktes

Anstelle des masselosen Punktes soll nun das Geschöß treten, dessen Masse wir uns im Massemittelpunkt konzentriert vorstellen. Die Erdanziehungskraft ist zum Erdmittelpunkt hin gerichtet. Sie bewirkt eine Verminderung der senkrechten Geschwindigkeitskomponente v_y .

Die dadurch entstehende Bewegungsart heißt gleichmäßig verzögerte Bewegung. Die Verzögerung ist zahlenmäßig gleich der Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Der Luftwiderstand bleibt unberücksichtigt, um eine Vereinfachung der Betrachtungen und Berechnungen zu erzielen. Unter dem Einfluß der Erdanziehungskraft wird nur die senkrechte Wegkomponente s_y in der Zeit t um die Fallstrecke $\frac{g \cdot t^2}{2}$ vermindert (Bild 4.3.9).

In waagerechter Richtung wirkt keine äußere Kraft; deshalb gilt für die waagerechte Wegkomponente das Gesetz der gleichförmigen Bewegung. Aus dem Wegdiagramm (Bild 4.3.9) sind die Gesetze für die Ermittlung beider Wegkomponenten zu erkennen.

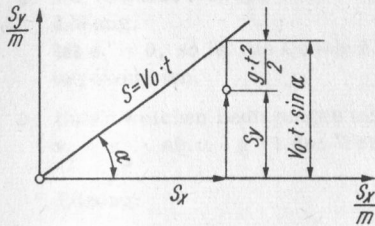


Bild 4.3.9
Wegdiagramm
(massebehafteter Punkt)

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$s_x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha$$

s_y Flughöhe

s_x waagerechte Wegkomponente

v_o Anfangsgeschwindigkeit

t Flugzeit

α Abgangswinkel (Erhöhungswinkel)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (aufgerundet auf 10 m/s^2)

Beispiele

3. Wo würde sich der Massemittelpunkt eines Geschosses nach $0,2 \text{ s}$ Flugzeit befinden, wenn er sich unter einem Winkel von 10° zur Waagerechten mit einer Geschwindigkeit von 500 m/s fortbewegt?

Lösung:

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2} = 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,2 \text{ s} \cdot 0,1737 - \frac{10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,2^2 \cdot \text{s}^2}{2}$$

$$s_y = 17,36 \text{ m} - 0,2 \text{ m}$$

$$s_y = 17,16 \text{ m}$$

4. In welcher Höhe würde sich der Massemittelpunkt des Geschosses befinden, wenn es sich mit einer Geschwindigkeit von 450 m/s fortbewegt? Nach $0,3 \text{ s}$ sei die waagerechte Wegkomponente $133,5 \text{ m}$.

Lösung:

$$\cos \alpha = \frac{s_x}{v_o \cdot t} = \frac{133,5 \text{ m}}{450 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s}} = 0,9903; \quad \alpha = 8^\circ$$

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2} = 450 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,3 \text{ s} \cdot 0,1392 - \frac{10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,3^2 \cdot \text{s}^2}{2}$$

$$s_y = 18,79 \text{ m} - 0,45 \text{ m}$$

$$s_y = 18,342 \text{ m}$$

Dem Geschwindigkeitsdiagramm (Bild 4.3.10) können die Gesetze für die Ermittlung beider Geschwindigkeitskomponenten entnommen werden.

$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha - g \cdot t$$

$$v_x = v_o \cdot \cos \alpha$$

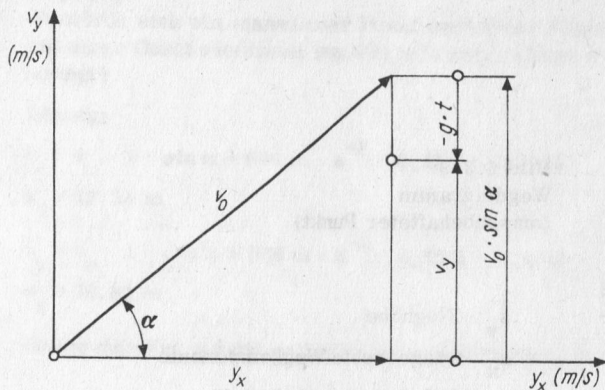


Bild 4.3.10
Geschwindigkeitsdiagramm
(massebehafteter Punkt)

Beispiele

5. Ein Geschöß wird unter dem Winkel von 10° mit einer Geschwindigkeit von 500 m/s abgeschossen. Es sind die Geschwindigkeitskomponenten v_x und v_y nach einer Flugzeit von 0,2 s zu errechnen (Luftwiderstand = 0).

Lösung:

$$v_x = v_o \cdot \cos \alpha = 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,9848$$

$$v_x = 492 \text{ m/s (konstant)}$$

$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha - g \cdot t = 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,1736 - 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,2 \text{ s} \\ = (86,8 - 1,962) \text{ m/s}$$

$$v_y = 85 \text{ m/s}$$

6. Ein Geschöß wird mit einer Geschwindigkeit von 406 m/s abgeschossen. Die Zielentfernung (s_x) von 40 m hat es nach 0,1 s erreicht. Unter welchem Winkel wurde das Geschöß abgeschossen? Wieviel Meter über der Mündungswaagerechten sitzt der Treffer?

Lösung:

$$\cos \alpha = \frac{s_x}{v_o \cdot t} = \frac{40 \text{ m}}{406 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,1 \text{ s}} = 0,985; \quad \alpha = 10^\circ$$

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2} = 406 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,1 \text{ s} \cdot 0,1736 - \frac{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,1^2 \text{ s}^2}{2}$$

$$s_y = 7,05 \text{ m} - 0,05 \text{ m}$$

$$s_y = 7 \text{ m}$$

7. Unter welcher Bedingung nimmt die senkrechte Wegkomponente $s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2}$ den Wert 0 an?

Lösung:

$$v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2} = 0$$

$$t \cdot (v_o \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t}{2}) = 0,$$

$$t_1 = 0$$

$$v_o \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t}{2} = 0$$

$$t_2 = \frac{2 \cdot v_o \cdot \sin \alpha}{g}$$

8. Wo befindet sich das Geschöß, wenn dieser Fall (siebentes Beispiel) eintritt?

Lösung:

Ist $s_y = 0$, so ist das Geschöß nach seinem Flug wieder auf der Mündungswaagerechten angekommen.

9. Unter welchen Bedingungen nimmt die senkrechte Geschwindigkeitskomponente

$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha - g \cdot t \text{ den Wert } 0 \text{ an?}$$

Lösung:

$$v_o \cdot \sin \alpha - g \cdot t = 0$$

$$v_o \cdot \sin \alpha = g \cdot t$$

$$t = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g}$$

10. Wo befindet sich das Geschöß, wenn dieser Fall (neuntes Beispiel) eintritt?

Lösung:

Das Geschöß befindet sich im Scheitelpunkt, dem höchsten Punkt seiner Flugbahn.

Bei der Berechnung der Flugbahn eines Geschosses nehmen diese beiden Spezialfälle (sieben- bis zehntes Beispiel) eine besondere Stellung ein. Mit Hilfe dieser Beziehungen sind Steigzeit und Flugzeit zu ermitteln.

Steigzeit:

$$v_y = v_o \cdot \sin \alpha - g \cdot t$$

$$0 = v_o \cdot \sin \alpha - g \cdot t$$

$$v_o \cdot \sin \alpha = g \cdot t$$

$$t_{St} = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g}$$

Flugzeit: Sie ist doppelt so groß wie die Steigzeit.

$$t_{max} = \frac{2 \cdot v_o \cdot \sin \alpha}{2}$$

Die Scheithöhe ist nach der Zeit t_{St} erreicht. Durch Einsetzen in die Gleichung für s_y ergibt sich die Gleichung für die Scheithöhe:

$$s_y = s_{y \max} = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$t = t_{St} = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$s_{y \max} = \frac{v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} - \frac{g \cdot v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g^2}$$

Durch Addition wird die Scheithöhe somit

$$s_{y \max} = \frac{v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g}$$

Die Schußweite ist die waagerechte Entfernung des Geschosses, die es nach einer Flugzeit t_{max} erreicht hat.

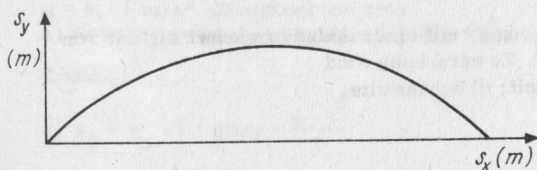


Bild 4.3.11

Flugparabel, v_o konstant;

$L_F = 0$

$$s_x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha$$

$$s_x = \frac{v_o^2 \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}; \quad 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \sin 2\alpha$$

$$\text{Schußweite } s_{x \max} = \frac{v_o^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

Die größte Schußweite ergibt sich, wenn $\frac{v_o^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$ seinen größten Wert annimmt.

v_o nehmen wir in unserem Fall als konstant an; g ist ebenfalls konstant. Daraus folgt, daß die größte Schußweite eine Funktion von $\sin 2\alpha$ ist. Der größte Wert, den $\sin 2\alpha$ annehmen kann, ist 1.

$$\sin 2\alpha = 1$$

$$2\alpha = 90^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Die größte Schußweite wird (theoretisch) erreicht, wenn ein Geschöß unter 45° zur Waagerechten abgeschossen wird, sofern Abschuß- und Aufschlagort in gleicher Höhe liegen.

Versuche haben ergeben, daß bei einem Abgangswinkel von

$$\alpha = 32^\circ$$

die größte Kugelschußweite und bei einem Winkel von

$$20^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$$

die größte Schrotschußweite erzielt wird, was auf die Wirkung des Luftwiderstands zurückzuführen ist (ballistische Kurve).

Beispiele

11. Ein Geschöß soll bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 400 m/s eine Schußweite von 1,5 km erreichen. Zu errechnen sind

a) Erhöhungswinkel; b) Scheitelhöhe; c) Flugzeit.

Lösung:

$$a) \sin 2\alpha = \frac{s_{x \max} \cdot g}{v_o^2} = \frac{1500 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}{400^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = 0,092$$

$$2\alpha = 5^\circ 18'$$

$$\alpha = 2^\circ 39'$$

$$b) s_{y \max} = \frac{v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g} = \frac{400^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,0462^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$s_{y \max} = 17,4 \text{ m}$$

$$c) t_{\max} = \frac{2 \cdot v_o \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,0462}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$t_{\max} = 3,77 \text{ s}$$

12. Ein Geschöß wird unter einem Winkel von 3° mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 500 m/s abgeschossen; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Zu errechnen sind

a) Steigzeit; b) Scheitelhöhe; c) Flugzeit; d) Schußweite.

Lösung:

$$\text{a) } t_{\text{St}} = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,0523}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$t_{\text{St}} = 2,67 \text{ s}$$

$$\text{b) } s_{y \text{ max}} = \frac{v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g} = \frac{500^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,0523^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$s_{y \text{ max}} = 34,9 \text{ m}$$

$$\text{c) } t_{\text{max}} = 2 \cdot t_{\text{St}} = 2 \cdot 2,67 \text{ s}$$

$$t_{\text{max}} = 5,34 \text{ s}$$

$$\text{d) } s_{x \text{ max}} = \frac{v_o^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{500^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot 0,1045}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$s_{x \text{ max}} = 2663 \text{ m}$$

13. Es ist der Ort des Geschosses (Beispiel 12) nach der Flugzeit von 1 s zu bestimmen.

Lösung:

$$s_x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha = 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 1 \text{ s} \cdot 0,9986 = 499 \text{ m}$$

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2} = 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,0523 \cdot 1 \text{ s} - \frac{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1^2 \cdot \text{s}^2}{2}$$

$$= 26,15 \text{ m} - 4,91 \text{ m}$$

$$s_y = 21,24 \text{ m}$$

14. Ein Geschöß wird unter einem Winkel von 20° mit einer Geschwindigkeit von 500 m/s abgeschossen. Es ist der Ort (waagerechte und senkrechte Entfernung) des Geschosses nach 1,2 s zu bestimmen.

Lösung:

$$s_x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha = 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 1,2 \text{ s} \cdot 0,9397$$

$$s_x = 564 \text{ m}$$

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2} = 500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 1,2 \text{ s} \cdot 0,342 - \frac{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 1,2^2 \cdot \text{s}^2}{2}$$

$$= 205,2 \text{ m} - 7,06 \text{ m}$$

$$s_y = 198,14 \text{ m}$$

15. Ein Geschöß soll bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 400 m/s ein Ziel treffen, das 200 m über der Abschußstelle liegt. Das Ziel soll nach 30 s Flugzeit erreicht sein; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Zu errechnen sind

a) Erhöhungswinkel; b) Entfernung des Ziels in waagerechter Richtung.

Lösung:

$$\text{a) } s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$\sin \alpha = \frac{2 \cdot \frac{s_y}{v} + g \cdot t^2}{2 \cdot v_0 \cdot t} = \frac{2 \cdot 200 \text{ m} + 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 30^2 \text{ s}^2}{2 \cdot 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 30 \text{ s}}$$

$$= 0,3846$$

$$\alpha = 22^\circ 36'$$

b) $s_x = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha = 400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 30 \text{ s} \cdot 0,9232$

$$s_x = 11\,078 \text{ m}$$

16. Es ist die Flugbahn eines Körpers zeichnerisch darzustellen, dessen Geschwindigkeit konstant 40 m/s ist; $g \approx 10 \text{ m/s}^2$, $\alpha = 60^\circ$. Auf der waagerechten Achse sind die Werte für s_x aufzutragen.
Zeitabstände: $0,5 \text{ s}$; Maßstäbe: $1 \text{ m} \hat{=} 1 \text{ mm}$ (Luftwiderstand).

Lösung:

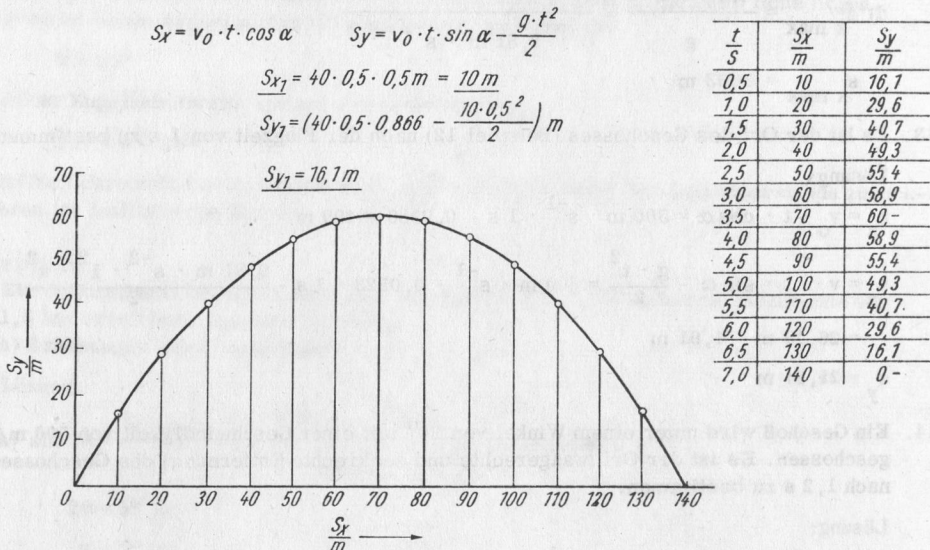


Bild 4.3.12. Flugbahn eines Körpers

Erhöhungswinkel $\alpha = 90^\circ$.

Der senkrechte Schuß nach oben ist ein Grenzfall, bei dem $\alpha = 90^\circ$ ist. Wir erhalten die gültigen Gesetze durch Einsetzen des Zahlenwerts für α .

Steigzeit: $t_{\text{St}} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 \cdot \sin 90^\circ}{g} = \frac{v_0 \cdot 1}{g}$

$$t_{\text{St}} = \frac{v_0}{g}$$

Flugzeit: $t_{\text{max}} = \frac{2 \cdot v_0}{g}$

$$\text{Scheitelhöhe: } s_{y \max} = \frac{v_o^2 \cdot (\sin \alpha)^2}{2 \cdot g}$$

$$s_{y \max} = \frac{v_o^2}{2 \cdot g}$$

$$\text{Schußweite: } s_{x \max} = \frac{v_o^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_o^2 \cdot \sin 180^\circ}{g} = \frac{v_o^2 \cdot 0}{g}$$

$$s_{x \max} = 0.$$

Die Ergebnisse zeigen, daß beim senkrechten Schuß nach oben die Gesetze des freien Falls gelten.

Beispiele (bei Vernachlässigung des Luftwiderstands)

17. Ein Geschöß wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 200 m/s senkrecht nach oben geschossen. Die Erdbeschleunigung sei 9,81 m/s². Zu errechnen sind
a) Scheitelhöhe; b) Steigzeit.

Lösung:

$$\text{a) } s_{y \max} = \frac{v_o^2}{2 \cdot g} = \frac{200^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$s_{y \max} = 2040 \text{ m}$$

$$\text{b) } t_{\text{St}} = \frac{v_o}{g} = \frac{200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$t_{\text{St}} = 20,4 \text{ s}$$

18. Ein Geschöß, das senkrecht nach oben geschossen wird, erreicht die Abschußbasis nach 24 s. Zu errechnen sind
a) Anfangsgeschwindigkeit; b) Scheitelhöhe.

Lösung:

$$\text{a) } v_o = g \cdot t_{\text{St}} = 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 12 \text{ s}$$

$$v = 118 \text{ m/s}$$

$$\text{b) } s_{y \max} = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{118^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}$$

$$s_{y \max} = 710 \text{ m}$$

19. Ein Geschöß wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 200 m/s senkrecht nach oben geschossen. 2 s danach ein zweites Geschöß unter gleichen Bedingungen. Verzögerung $\approx 10 \text{ m/s}^2$. Zu errechnen sind
a) Steigzeit der Geschosse; b) Steighöhe; c) Treffhöhe; d) Geschwindigkeit der Geschosse beim Treffen.
Außerdem sind (e) die Bewegungen in einem Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm grafisch darzustellen.

Lösung:

$$a) t = \frac{v_0}{g} = \frac{200 \text{ m/s}}{10 \text{ m/s}^2}$$

$$t = 20 \text{ s}$$

$$b) s_{\text{St}} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{200^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 \cdot 10 \text{ m/s}^2}$$

$$s_{\text{St}} = 2000 \text{ m}$$

c) Δt = Zeitunterschied = 2 s (beim Abschuß)

$$t_1 = \frac{\Delta t}{2} = \frac{2 \text{ s}}{2} = 1 \text{ s}$$

$$s_{\text{Tr}} = s_{\text{St}} - \frac{g \cdot t_1^2}{2} = 2000 \text{ m} - \frac{10 \text{ m/s}^2 \cdot 1^2 \cdot \text{s}^2}{2}$$

$$= 2000 \text{ m} - 5 \text{ m}$$

$$s_{\text{Tr}} = 1995 \text{ m}$$

$$d) v_{\text{Tr}} = g \cdot t_1 = 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ s}$$

$$v_{\text{Tr}} = 10 \text{ m/s}$$

e)

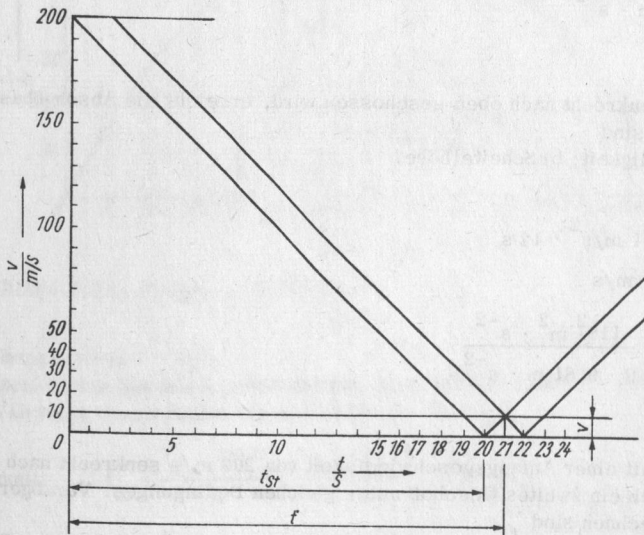


Bild 4.3.13. Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm

Erhöhungswinkel $\alpha = 0^\circ$ (waagerechter Schuß)

Wir denken uns die tatsächliche Bewegung des Geschosses wieder als eine aus zwei Komponenten zusammengesetzte Bewegung (Bild 4.3.14).

Für die waagerechte Komponente gilt das Gesetz der gleichförmigen Bewegung, für die

senkrechte Komponente des freien Falls, d.h. das Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung. Das Geschöß fällt infolge der Erdanziehungskraft unabhängig von der Größe der waagerechten Geschwindigkeitskomponente.

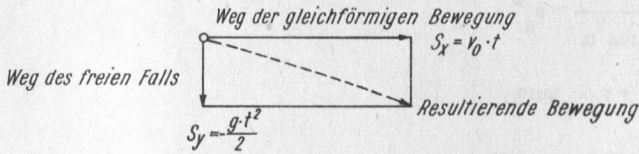


Bild 4.3.14. Bewegung eines Geschosses

Läßt man einen Körper frei zur Erde fallen und wirft oder schießt man einen zweiten in gleicher Höhe zu gleicher Zeit mit beliebiger Geschwindigkeit waagrecht ab, so treffen beide zu gleicher Zeit auf einer tieferliegenden waagerechten Ebene auf.

Die Fallhöhen zweier Körper sind in gleichen Zeiten gleich groß. Die Bestimmung des Ortes, an dem sich ein waagrecht abgeschossener Körper befindet, ist nach den folgenden Gleichungen möglich:

$$s_x = v_0 \cdot t \quad \text{und} \quad s_y = -\frac{g \cdot t^2}{2} \quad (\text{Minuszeichen für die Abwärtsbewegung}).$$

Beispiel

20. t hat in beiden Gleichungen denselben Wert. Es ist die Gleichung für s_x nach t umzuformen. Der gefundene Wert ist in die Gleichung für s_y einzusetzen.

Lösung:

$$s_y = -\frac{g \cdot s_x^2}{2 \cdot v_0^2} = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot s_x^2$$

Wir untersuchen diese Gleichung (zwanzigstes Beispiel), um festzustellen, welche geometrische Figur dieser Gleichung im Koordinatensystem entspricht. Die konstanten Größen sind g und v_0 . Die Veränderlichen sind s_y und s_x . Aus der analytischen Geometrie ist bekannt, daß die Gleichung für die Parabel die Form

$$y = a \cdot x^2$$

für $a < 0$ hat. Dieser Gleichung entspricht eine an der x -Achse gespiegelte Parabel, die nach unten geöffnet ist. Dem konstanten Wert der Parabelgleichung entspricht

$$a = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2}.$$

Führen wir dieselben Rechenoperationen mit den beim Wurf nach oben gefundenen Gesetzen durch, so finden wir als Form für die Flugbahn des Geschosses ebenfalls eine Parabel.

Beispiele

21. Die Weg-Zeit-Gesetze für den Wurf schräg nach oben sind

$$s_x = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha \quad \text{und} \quad s_y = v_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2}.$$

Die Gleichung für s_x ist nach t umzuformen. Der gefundene Wert ist in die Gleichung für s_y einzusetzen. An der gefundenen Funktionsgleichung ist zu beweisen, daß die entsprechende geometrische Figur eine Parabel ist.

Lösung:

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2} \quad t = \frac{s_x}{v_o \cdot \cos \alpha}$$

$$s_y = s_x \cdot \tan \alpha - \frac{g}{2 \cdot v_o^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot s_x^2$$

$$s_y = \frac{g}{2 \cdot v_o^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot s_x^2 + s_x \cdot \tan \alpha$$

Diese Gleichung entspricht der Gleichung einer Parabel, in der das absolute Glied 0 ist.

$$y = Ax^2 + B \cdot x + C \quad (\text{mit } C = 0)$$

$$y = Ax^2 + Bx$$

22. Es ist die Flugparabel für einen waagerechten Schuß zu entwerfen ($\alpha = 0^\circ$). Gegeben sind

$$v_x = 500 \text{ m/s}$$

$$0 \text{ m} \leq s_x \leq 100 \text{ m, gestuft von 10 zu 10 m}$$

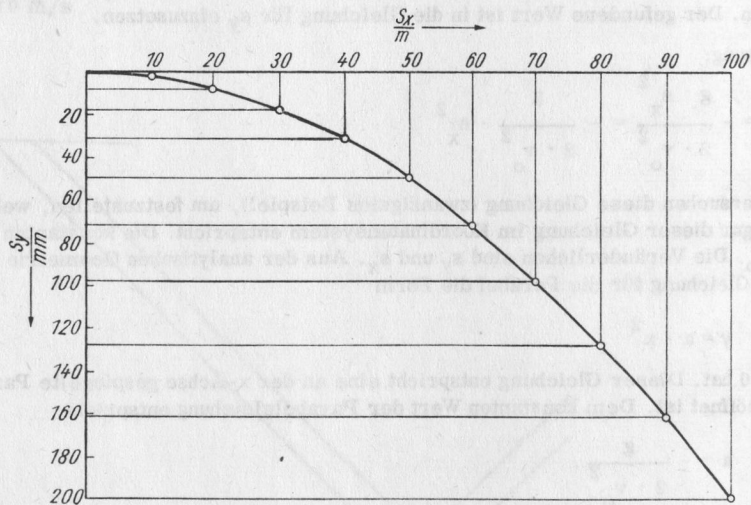
$$g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ (abgerundet wegen Erleichterung der Rechenarbeit).}$$

Maßstäbe:

für $s_x = 10 \text{ m}$ Flugweg $\hat{=} 10 \text{ mm}$ im Diagramm

für $s_y = 30 \text{ mm}$ Fallhöhe $\hat{=} 10 \text{ mm}$ im Diagramm.

Lösung:



s_x m	s_y mm	
10	2	1·2
20	8	4·2
30	18	9·2
40	32	16·2
50	50	25·2
60	72	36·2
70	98	49·2
80	128	64·2
90	162	81·2
100	200	100·2

$$s_y = \frac{g \cdot s_x^2}{2 \cdot v_x^2} = \frac{10 \text{ m/s}^2 \cdot 10^2 \text{ m}^2}{2 \cdot 500^2 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 0,002 \text{ m}$$

$$s_y = 2 \text{ mm}$$

Bild 4.3.15. Flugparabel für waagerechten Flug

Alle vorstehenden Ausführungen und Berechnungen über die Flugbahn von Geschossen gingen der Vereinfachung wegen von der Annahme des luftleeren Raums aus. Die wirklichen Verhältnisse im luftgefüllten Raum ergeben eine merkliche Änderung der Flugbahnform, vorwiegend in der zweiten Hälfte der Flugbahn (ballistische Kurve e).

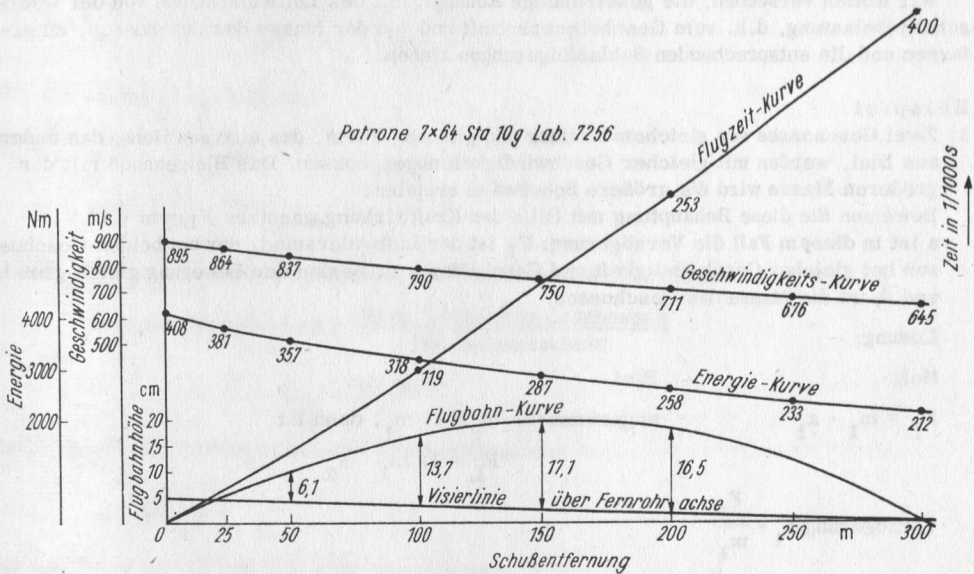


Bild 4.3.16. Flugbahnkurve einer Patrone (entlehnt der Broschüre „DWM-Jagdbüchsenpatronen“)

Bild 4.3.16 zeigt sowohl die in Versuchen des ASMW ermittelte Flugbahnkurve eines Geschosses als auch die zugehörigen Flugzeit-, Geschwindigkeits- und Energiekurven. Um falsche Schlußfolgerungen auszuschließen, sind die unterschiedlichen Maßstäbe für die Schußentfernung in Meter und Flugbahnhöhe in Zentimeter zu beachten.

Aufgaben

1. Erläutern Sie das Newtonsche Grundgesetz der Mechanik!
2. Erläutern Sie die Bedeutung des Luftwiderstands für das jagdliche Schießen!
3. Überprüfen Sie die Beispiele 1 bis 22!
4. Wie ist die Tatsache zu erklären, daß der Geschwindigkeitsabfall, die Verzögerung (Bild 4.3.6) mit steigender Entfernung kleiner wird?
5. Erläutern Sie die Begriffe „Steigzeit“, „Scheitelhöhe“, „Flugzeit“ und „Schußweite“!

4.3.2. Querschnittsbelastung

Unter Querschnittsbelastung ist in der Ballistik das Verhältnis der Gewichtskraft des Geschosses zur Geschoßquerschnittsfläche zu verstehen. Von diesem Verhältnis ist, wie wir später sehen werden, die Verzögerung des Geschosses, die es beim freien Flug zum Ziel erfährt, abhängig.

Wie aus dem Gesetz für die kinetische Energie

$$W_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

hervorgeht, wirkt sich eine Verminderung der Geschwindigkeit, da sie in der zweiten Potenz auftritt, quadratisch auf die Energie des Geschosses aus. Wir müssen bemüht sein, den

Energieverlust während des Flugs so klein wie möglich zu halten, und untersuchen aus diesem Grunde den Vorgang, durch den die Verzögerung herbeigeführt wird. Im Abschn. 4.3.1. wurde bereits festgestellt:

Der Luftwiderstand als Kraft führt zur verzögerten Bewegung des Geschosses.

Wir wollen versuchen, die gesetzmäßige Abhängigkeit des Luftwiderstands von der Querschnittsbelastung, d. h. vom Geschossquerschnitt und von der Masse des Geschosses, zu erfassen und die entsprechenden Schlußfolgerungen ziehen.

Beispiel

1. Zwei Geschosses von gleichem Kaliber und gleicher Form, das eine aus Holz, das andere aus Blei, werden mit gleicher Geschwindigkeit abgeschossen. Das Bleigeschoß mit der größeren Masse wird die größere Schußweite erzielen.

Beweisen Sie diese Behauptung mit Hilfe des Kraftwirkungsgesetzes $F_L = m \cdot a$!

a ist in diesem Fall die Verzögerung; F_L ist der Luftwiderstand, der bei beiden Geschossen bei gleicher Geschwindigkeit und Geschossform zu Beginn der Bewegung gleich groß ist, und m ist die Masse des Geschosses.

Lösung:

Holz

Blei

$$F_L = m_1 \cdot a_1$$

angenommen: $m_2 = 12 m_1$, dann ist

$$F_L = 12 m_1 \cdot a_2$$

$$\text{Verzögerung } a_1 = \frac{F_L}{m_1}$$

$$\text{Verzögerung } a_2 = \frac{F_L}{12 \cdot m_1}$$

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_L \cdot 12 m_1}{m_1 \cdot F_L} = \frac{12}{1}$$

$$a_1 = 12 a_2$$

Zwei Geschosse aus Blei haben die gleiche Masse und unterschiedliche Kaliber, aber verhältnisgleiche Form. Sie werden mit gleicher Geschwindigkeit abgeschossen. Das Geschöß mit kleinerem Kaliber, d. h. mit kleinerer Querschnittsfläche, wird die größere Schußweite erzielen. Durch Verkleinern der Querschnittsfläche wird der Einfluß des Luftwiderstands und damit die Verzögerung verkleinert.

Die Verzögerungen verhalten sich direkt proportional zu den zugehörigen Querschnittsflächen. Andererseits verhalten sich bei gleicher Geschossform die Verzögerungen umgekehrt proportional zu den Massen:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad \text{und} \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Die letzte Aussage kann durch ein sinnfälliges Beispiel belegt werden: Wirft man einen Ball aus Papier und eine gleich große Holzkugel mit möglichst gleicher Anfangsgeschwindigkeit weg, so erzielt man mit der Holzkugel eine größere Weite, d. h., die Verzögerung beim Flug der Holzkugel ist geringer als die des Balls aus Papier.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden nun in eine mathematische Formel gekleidet.

Ist F_L der Luftwiderstand, so gilt das dynamische Grundgesetz:

$$\text{Kraft} = \text{Masse} \cdot \text{Beschleunigung.}$$

Für den vorliegenden Fall gilt:

$$\text{Luftwiderstand} = \text{Geschossmasse} \cdot \text{Verzögerung}$$

$$F_L = m \cdot a.$$

Andererseits gilt:

$$F_L = A \cdot \sigma_L \quad \text{und} \quad \sigma_L = \frac{F_L}{A}.$$

Durch Gleichsetzen erhält man

$$m \cdot a = A \cdot \sigma_L$$

$$a = \frac{A \cdot \sigma_L}{m}.$$

Auf die Masse m wirkt die Erdanziehung und verursacht die Gewichtskraft $F_a = m \cdot g$.

$$\text{Querschnittsbelastung} = \frac{\text{Gewichtskraft des Geschosses}}{\text{Geschosquerschnitt}}$$

$$\sigma_{QB} = \frac{m \cdot g}{A}$$

Stellt man diese Gleichung nach der Geschossmasse um

$$m = \frac{\sigma_{QB} \cdot A}{g}$$

und ersetzt in der Gleichung für die Verzögerung

$$a = \frac{A \cdot \sigma_L}{m}$$

die Masse, so ergibt sich die Verzögerung:

$$a = \frac{A \cdot \sigma_L \cdot g}{A \cdot \sigma_{QB}}$$

$$a = \frac{\sigma_L \cdot g}{\sigma_{QB}}.$$

Beispiel

2. An einem Geschos Kal. 8 mit der Masse von 10 g wurde bei einer Geschwindigkeit von 600 m/s ein Gesamtluftwiderstand F_L von 4,5 N ermittelt; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Zu errechnen sind

a) Querschnittsbelastung; b) Verzögerung.

Lösung:

$$\text{a) } \sigma_{QB} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{0,01 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{50 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{QB} = 0,002 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{b) } a = \frac{F_L}{m} = \frac{4,5 \text{ N}}{10^{-2} \text{ kg}} = \frac{4,5 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{10^{-2} \text{ kg}}$$

$$a = 450 \text{ m/s}^2$$

Querschnittsbelastung	σ_{ab}	$2\sigma_{ab}$	$3\sigma_{ab}$	$\frac{\sigma_{ab}}{2}$
Verzögerung	a	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{3}$	$2a$

a)

Querschnitt	A	$2A$	$\frac{A}{2}$
Verzögerung	a	$2a$	$\frac{a}{2}$

b)

Bild 4.3.17. Querschnittsbelastung und Verzögerung

a) F und σ_L konstant; b) F_{G1} und σ_L konstant

Aufgaben

1. Erläutern Sie den Begriff „Querschnittsbelastung“!
2. Welche Wirkung übt die Querschnittsbelastung auf den Flug des Geschosses aus?

4.3.3. Geschwindigkeitsmessung

Die im Abschn. 4. bisher abgeleiteten mathematischen Gesetze für das Bestimmen der Flugbahn des Geschosses oder der Geschosgarbe zeigen, daß von der Geschosgeschwindigkeit bestimmte Größen abhängig sind.

Von der Geschosgeschwindigkeit sind folgende Größen abhängig:

- Rückstoßenergie
- Flugbahngestrecktheit (Rasanz) und die damit verbundene Trefferwahrscheinlichkeit
- Auftreffenergie
- Luftwiderstand als Ursache für die Verzögerung beim Flug zum Ziel.

Die Geschwindigkeitsmessung ist zur zwingenden Notwendigkeit geworden, weil aus ihren Ergebnissen entscheidende Schlußfolgerungen gezogen werden können. Drei Möglichkeiten der Flugzeitmessung seien hier kurz erläutert:

Geschwindigkeitsmessung mit dem Gerät von Boulengé

Das Geschos öffnet den Drahtkontakt beim Verlassen des Laufs und unterbricht einen Stromkreis. Dadurch verliert der im Stromkreis liegende Magnet seine Wirkung und läßt den Meßstab mit Hülse fallen. Beim Auftreffen des Geschosses auf der Kontaktscheibe wird ein zweiter Stromkreis unterbrochen.

Jetzt läßt der zweite Magnet das Fallgewicht (links) fallen. Es schlägt auf einen zweiarmligen Hebel und löst ein Schlagstück aus, das in die aufgesteckte Hülse des Maßstabs eine Kerbe schlägt. Aus der Höhe h ist die Fallzeit (freier Fall) zu ermitteln, die der Flugzeit des Geschosses entspricht. Die so ermittelte Flugzeit muß allerdings um die Fallzeit des Fallgewichts (links) vermindert werden. In der Praxis wird die Höhe h mit einem Meßschieber gemessen, auf dessen Skale neben der Höhe sofort die genaue Geschosgeschwindigkeit abzulesen ist. Bei der nachfolgenden Berechnung wurde zwecks Vereinfachung die Fallzeit des linken Fallgewichts nicht berücksichtigt. Bei der Annahme einer mittleren Geschosgeschwindigkeit gelten die Gesetze der gleichförmigen Bewegung:

$$v_m = \frac{s}{t} \quad \text{und daraus} \quad t = \frac{s}{v_m}$$

Für den herabfallenden Meßstab gilt: $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$.

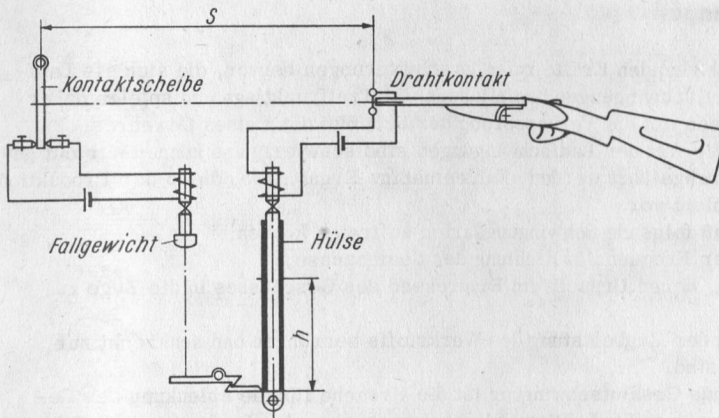


Bild 4.3.18. Geschwindigkeitsmessen mit dem Gerät von Boulengé

Beispiele

1. Lösen Sie die vorstehende Gleichung nach t auf, setzen Sie den gefundenen Wert in die Gleichung für v_m ein!

Lösung:

$$v_m = s \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot h}}$$

s Flugweg des Geschosses in m

h Fallstrecke des Meßstabs in m

$$v_m^2 = \frac{g \cdot s^2}{2 \cdot h}$$

v_m mittlere Geschößgeschwindigkeit in m/s

2. Bei einem Versuch zur Ermittlung der Geschößgeschwindigkeit wurden folgende Werte gemessen: $s = 100$ m; $h = 200$ mm = $0,2$ m.
Es ist die mittlere Geschößgeschwindigkeit zu errechnen.

Lösung:

$$v_m^2 = \frac{g \cdot s^2}{2 \cdot h} = \frac{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 100^2 \cdot \text{m}^2}{2 \cdot 0,2 \text{ m}} = 245\,250 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v_m = 495 \text{ m/s}$$

Geschwindigkeitsmessung mit elektronischem Kurzzeitmesser

Eine beliebig lange Wegstrecke wird genau vermessen. Am Beginn dieser Wegstrecke befindet sich die Laufmündung mit der ersten Kontaktstelle des elektronischen Kurzzeitmessers. Die Uhr beginnt zu laufen. Nach Zurücklegen der gemessenen Wegstrecke wird vom Geschöß ein zweiter Kontakt betätigt, der den Kurzzeitmesser anhält.

$$v_m = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}} = \frac{s}{t}$$

Das bereits im Abschn. 4.3.1. erwähnte Verfahren unterscheidet sich von den oben erläuterten dadurch, daß nur an einer Meßstelle gemessen wird. Demzufolge wird an dieser Meßstelle auch nur die augenblickliche Geschwindigkeit ermittelt und nicht die mittlere Geschwindigkeit zwischen zwei Meßstellen.

Aufgaben

1. Erläutern Sie die Abhängigkeit der Geschößgeschwindigkeit von Rückstoßenergie, Flugbahngestrecktheit, Auftreffenergie und Luftwiderstand!
2. Beschreiben Sie die Wirkungsweise des Geschwindigkeitsmessers von Boulengé!

4.3.4. Laufschrwingungen

Die beim Schuß im Lauf wirkenden Kräfte rufen Erschütterungen hervor, die sich als Laufschrwingungen äußern. Laufschrwingungen beeinflussen die Treffpunkt-lage und spielen daher eine Rolle bei dem Bemühen um die Verbesserung der Schußleistung eines Gewehres.

Untersuchungen über die Art der Laufschrwingungen sind schwierig und können nur mit geeigneten Instrumenten durchgeführt werden. Zahlenmäßige Ergebnisse, die in der Produktion verwertbar sind, liegen nicht vor.

Wahrscheinlich ist, daß folgende Schwingungsarten auftreten können:

- Schwingungen mit hoher Frequenz in Richtung der Seelenachse;
- Torsionsschrwingungen, deren Ursache im Einpressen des Geschosses in die Züge zu suchen ist;
- Schwingungen, die von der Zugbelastung des Werkstoffs herrühren und senkrecht zur Seelenachse gerichtet sind.

Die daraus resultierende Gesamtschrwingung ist die Ursache für die Ablenkung des Geschosses beim Austritt aus dem Lauf. Diese Eigenschrwingungen des Laufs pflanzen sich auch im Schaft und in den übrigen mit dem Lauf fest verbundenen Gewehrteilen fort und werden von diesen beeinflußt. Da die Verbindung der einzelnen Gewehrteile nicht bei jedem Gewehr die gleiche ist, treten sehr unterschiedliche Wirkungen auf, die durch Veränderung der Visierlinie ausgeglichen werden müssen. Jede Veränderung der beim Schuß im Lauf auftretenden Kräfte hat eine Veränderung der Laufschrwingungen zur Folge. Deshalb muß bei Verwendung einer Patrone mit abweichendem Gasdruck das Gewehr vorher erneut eingeschossen werden.

Aufgaben

1. Wodurch entstehen Laufschrwingungen?
2. Erläutern Sie die Wirkung von Laufschrwingungen auf die Treffgenauigkeit!

4.3.5. Streuung beim Büchsschuß

Werden verschiedene Schüsse aus demselben Gewehr unter scheinbar gleichen Bedingungen abgegeben, so ist trotzdem eine Abweichung der einzelnen Treffer zu erwarten. Streuung ist die Verteilung der Treffer einer Serie von Schüssen um einen mittleren Treffpunkt.

Der mittlere Treffpunkt ist mit dem Massemittelpunkt von gleich großen Massen vergleichbar, die in derselben Weise wie die Treffer angeordnet sind (Bild 4.3.19).

Ursachen der Streuung sind unter anderem Ungleichmäßigkeiten

- in der Pulver- und Patronenherstellung;
- im Entzündungs- und Verbrennungsprozeß;
- im Einpreßvorgang und im Widerstand an der Bohrungswand;
- in der Ablenkung des Geschosses durch Laufschrwingungen;
- in der Formänderung des Laufs bei Erwärmung, besonders bei mehrläufigen Gewehren;
- in der Luftdichte, -feuchtigkeit und -bewegung;
- im Abkommen.

Der Schütze will wissen, welche Lage die Treffer einer Serie von Schüssen voraussichtlich haben. Daraus kann er auf die wahrscheinliche Treffsicherheit eines Schusses schließen; denn der erste Schuß soll ja schon erfolgreich sein.

Die Größe der Streuung ist außer von den angeführten Ungleichmäßigkeiten auch von der Anzahl der Treffer abhängig. Je größer diese ist, um so größer ist auch die Fläche, auf die sich die Treffer verteilen, d.h. die Streuung. In der Praxis werden als Maße für die Größe der Streuung der Streukreisdurchmesser, die zugehörige Zielentfernung und die Anzahl der Treffer benutzt. Im Streukreis müssen alle Treffer liegen. Der Streukreisdurchmesser ist der Schußleistung umgekehrt, der Zielentfernung und der Anzahl der Treffer direkt proportional.

Bestimmen des mittleren Treffpunktes und des Streukreises

Der mittlere Treffpunkt von mehreren Schüssen kann als gemeinsamer Massemittelpunkt aller Treffer angesehen werden, wenn man die Treffer als massebehaftete Punkte annimmt. Er soll mit dem Visierpunkt zusammenfallen.

Der Streukreis ist der Kreis, der durch die Mitte der am weitesten auseinanderliegenden Treffer verläuft und der alle übrigen Treffer einschließt. Der Streukreismittepunkt liegt bei zwei Treffern in der Mitte ihrer geraden Verbindungslinie.

Er fällt mit dem mittleren Treffpunkt zusammen.

Bei drei und mehr Treffern fallen mittlerer Treffpunkt und Streukreismittepunkt nur zusammen, wenn alle Treffer auf ein und demselben Kreis liegen. In allen anderen Fällen müssen beide Punkte zeichnerisch oder rechnerisch bestimmt werden.

Zeichnerische Bestimmung des mittleren Treffpunktes

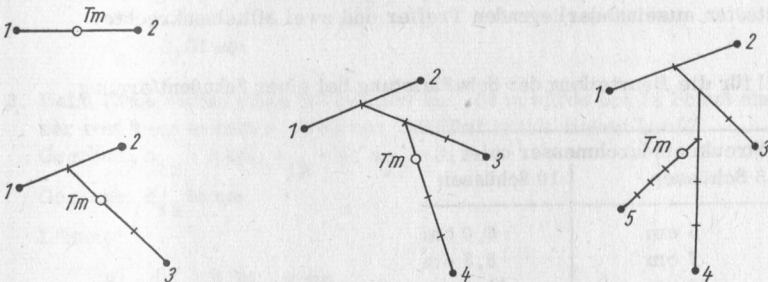


Bild 4.3.19. Zeichnerische Bestimmung des mittleren Treffpunktes bei 2, 3, 4 und 5 Treffern

Rechnerische Bestimmung des mittleren Treffpunktes

In beliebigem Abstand von einem Schußbild wird ein Koordinatensystem gezeichnet. Die jeweiligen senkrechten und waagerechten Entfernungen der Treffermitte von den Koordinatenachsen (Koordinaten) werden ausgemessen und wie folgt zusammengestellt:

Schuß-Nr.	Abszissen	Ordinaten
1	21	15
2	19	39
3	39	34
4	30	32
5	9	26
6	24	28
7	30	32
8	37	23
9	30	10
10	28	21
	267 : 10	260 : 10
	26,7	26

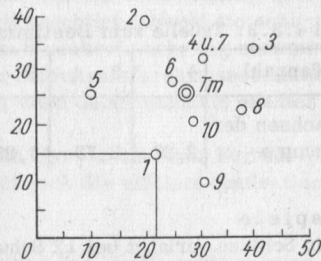


Bild 4.3.20
Schußbild im Koordinatensystem

Die arithmetischen Mittel aus den Abszissen- und Ordinatenwerten sind die Koordinaten des mittleren Treffpunktes T_m (26,7; 26).

Zeichnerische Bestimmung des Streukreises

Ist die Lage von drei Treffern gegeben, so verläuft der Streukreis durch die Mitte der einzelnen Treffer. Verbindet man die drei Treffermitten durch Gerade, so erhält man ein Dreieck. Der Umkreis dieses Dreiecks ist der Streukreis. Sein Mittelpunkt ist der Schnittpunkt der Mittelsenkrechten. Ist das so abgebildete Dreieck stumpfwinklig, dann liegt der Streu-

kreisdurchmesser in der Mitte der Verbindungslinie der am weitesten auseinanderliegenden zwei Treffer. Der dritte Treffer liegt im Kreis.

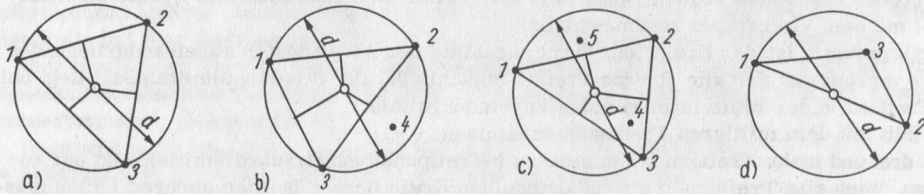


Bild 4.3.21. Zeichnerische Bestimmung des Streukreises
a), b) und c) spitzwinklige Dreiecke; d) stumpfwinkliges Dreieck

Zur zeichnerischen Bestimmung des Streukreises und seiner Mittelpunkte gehören demnach die drei am weitesten auseinanderliegenden Treffer und zwei Mittelsenkrechte.

Tafel 4.3.2. Beispiel für die Beurteilung der Schußleistung bei einer Schußentfernung von 100 m

Schußleistung	Streukreisdurchmesser bei	
	5 Schüssen	10 Schüssen
Hervorragend	5 cm	6,0 cm
Sehr gut	7 cm	8,3 cm
Gut	10 cm	11,8 cm
Gering	über 10 cm	über 11,8 cm

Je größer die Schußanzahl, um so genauer die Beurteilung der Streuung. Es würde kostspielig sein, eine zu große Anzahl von Schüssen für diesen Zweck abzugeben; deshalb hat Prof. Cranz Erfahrungswerte zusammengestellt, mit deren Hilfe angenähert der Streukreisdurchmesser für eine beliebige Anzahl von Schüssen, herab bis zu 4, errechnet werden kann, sofern die Waffe das Prädikat „hervorragend“ erhalten soll.

Tafel 4.3.3. Tabelle zum Bestimmen des Streukreisdurchmessers

Schußanzahl	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	50
Anwachsen der Streuung a	2,27	2,73	3,25	3,45	3,6	3,69	3,84	4	4,21	4,49	5,24

Beispiele

1. Ein Schütze verlangt bei 12 Schuß einen Streukreisdurchmesser von 6 cm. Welcher Streukreisdurchmesser muß bei 5 Schuß erzielt werden?

Der Benutzung der Tafel 4.3.3 ist zugrunde zu legen die Proportion:

$$a_{12} : a_5 = d_{12} : d_5$$

d jeweiliger Streukreisdurchmesser
a Erfahrungswert

und daraus die Produktgleichung

$$a_{12} \cdot d_5 = a_5 \cdot d_{12}$$

Gegeben sind: $a_5 = 2,73$ (Tabellenwert); $a_{12} = 4$ (Tabellenwert); $d_{12} = 6$ cm. Zu errechnen ist d_5 in cm.

Lösung:

$$d_5 = \frac{a_5 \cdot d_{12}}{a_{12}} = \frac{2,73 \cdot 6 \text{ cm}}{4}$$

$$d_5 = 4,1 \text{ cm}$$

2. Ein Schütze verlangt vom Büchslauf seines Drillings auf 100 m Entfernung bei 10 Schuß einen Streukreisdurchmesser von 6 cm. Zu errechnen ist der Streukreisdurchmesser für 6 Schuß (d_6 in cm).

Gegeben sind: $d_{10} = 6 \text{ cm}$; $a_{10} = 3,84$ (Tabellenwert) und $a_6 = 3,25$ (Tabellenwert).

Lösung:

$$a_{10} \cdot d_6 = a_6 \cdot d_{10}; d_6 = \frac{a_6 \cdot d_{10}}{a_{10}} = \frac{3,25 \cdot 6 \text{ cm}}{3,84}$$

$$d_6 = 5,08 \text{ cm}$$

3. Beim Einschießen eines Büchslaufs auf 100 m wurde bei 12 Schuß ein Streukreisdurchmesser von 9 cm ermittelt. Welches Prädikat erhält dieser Lauf?

Gegeben: $d_{12} = 9 \text{ cm}$; $a_{12} = 4$; $a_{10} = 3,84$.

Gesucht: d_{10} in cm.

Lösung:

$$d_{10} = \frac{a_{10} \cdot d_{12}}{a_{12}} = \frac{3,84 \cdot 9 \text{ cm}}{4}$$

$$d_{10} = 9,6 \text{ cm}$$

Nach der Tabelle für die Beurteilung der Schußleistung (Tafel 4.3.2) erhält der Lauf das Prädikat „gut“.

Bei diesem Verfahren üben nur die drei am weitesten auseinanderliegenden Treffer einen Einfluß auf die Größe des Streukreisdurchmessers und damit auf die Schußleistung aus. Die Verteilung der übrigen Treffer im Streukreis bleibt unberücksichtigt, obwohl sie sehr unterschiedlich sein kann. Liegen beispielsweise die Treffer im Streukreis sehr eng zusammen, so ist die Schußleistung größer, als wenn sie bei gleichem Streukreisdurchmesser entlang der Peripherie verteilt lägen. Der Streukreisdurchmesser kann daher nicht als exaktes Maß für die Beurteilung der Schußleistung gelten.

Ein einwandfreies Beurteilen der Schußleistung ist durch Verwenden einer Formel aus der mathematischen Statistik zu erzielen. Nach Gauß berechnet sich die mittlere quadratische Abweichung, auch Standardabweichung genannt, zu

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}}$$

- l jeweilige Entfernung der Treffermitte vom gemeinsamen Massemittelpunkt
- l_m mittlere quadratische Abweichung der Treffer vom mittleren Treffpunkt der Treffer
- n Anzahl der Schüsse.

Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Streukreisdurchmesser und der mittleren quadratischen Abweichung besteht nicht.

Die Gleichung sagt aus:

Je kleiner $\sum l^2$, um so kleiner die Standardabweichung vom mittleren Treffpunkt, um so größer die Treffgenauigkeit oder Treffwahrscheinlichkeit. Der Einfluß von Ausreißern oder Außenseitern, die den Streukreis bestimmen, wird hierbei weitgehend ausgeglichen.

Um die Gleichung verwerten zu können, wird erst der mittlere Treffpunkt T_m , wie bisher, zeichnerisch oder rechnerisch ermittelt.

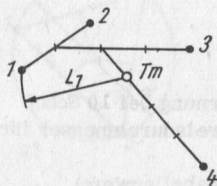


Bild 4.3.22

Zeichnerische Bestimmung des mittleren Treffpunkts bei 4 Treffern

Die jeweiligen Entfernungen der Treffermitten vom mittleren Treffpunkt T_m werden gemessen und quadriert. Die Summe der Quadrate ist der Wert $\sum l^2$ (Beispiel: Tafel 4.3.4).

Tafel 4.3.4. Summe der quadratischen Entfernungen

Treffer	l in cm	l^2 in cm^2
1	1,1	1,21
2	1,75	3,06
3	1,25	1,56
4	1,5	2,25

$$\sum l^2 = 8,08 \text{ cm}^2$$

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + l_4^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,21 + 3,06 + 1,56 + 2,25}{4-1}} = \sqrt{\frac{8,08}{3}}$$

$$l_m = 1,64 \text{ cm}$$

An einigen Beispielen soll gezeigt werden, daß die Ergebnisse dieses Verfahrens eine sehr gute Beurteilung der Schußleistung zulassen. Zwecks Vereinfachung der Rechenarbeit wird in einigen Beispielen die Entfernung der einzelnen Treffer vom mittleren Treffpunkt gleich groß, nämlich 1 cm, angenommen.

Beispiele

4. Bei nur einem Schuß wird

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{l^2}{1-1}} = \sqrt{\frac{l^2}{0}}$$

Division durch 0 ist nicht definiert.

d.h., bei einem Schuß ist keine Aussage über die Schußleistung möglich.

5. Bei 2 Schüssen:

$$l_1 = l_2 = 1 \text{ cm}$$

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1^2 + 1^2}{2-1}} = \sqrt{\frac{2}{1}}$$

$$l_m = 1,414 \text{ cm.}$$

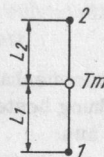


Bild 4.3.23

6. Bei 3 Schüssen:

$$l_1 = l_2 = l_3 = 1 \text{ cm}$$

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1^2 + 1^2 + 1^2}{3-1}} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$l_m = 1,23 \text{ cm.}$$

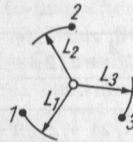


Bild 4.3.24

7. Bei 4 Schüssen:

$$l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 1 \text{ cm}$$

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2}{4-1}} = \sqrt{\frac{4}{3}}$$

$$l_m = 1,155 \text{ cm.}$$

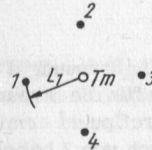


Bild 4.3.25

8. $l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 0,5 \text{ cm}$

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,5^2}{4-1}}$$

$$l_m = \sqrt{\frac{1}{3}}$$

$$l_m = 0,577 \text{ cm.}$$



Bild 4.3.26

Bei vorstehenden Beispielen ist $l_m > 1$, d.h., die mittlere quadratische Entfernung ist größer als die jeweilige Einzelentfernung der Treffermitte vom mittleren Treffpunkt T_m . Diese Aussage deutet darauf hin, daß bei weiter folgenden Treffern sehr wahrscheinlich auch solche mit größerer Entfernung l dabei sein werden. Der Wert für l_m nähert sich dem Wert $l = 1 \text{ cm}$ bzw. $l = 0,5 \text{ cm}$ mit zunehmender Trefferanzahl.

Beispiele

9. Bei Treffern gleichen Abstands $l = 1 \text{ cm}$ ist für

5 Treffer $l_m = \sqrt{\frac{5 \cdot 1^2}{4}} = 1,118 \text{ cm}$

10 Treffer $l_m = \sqrt{\frac{10}{9}} = 1,054 \text{ cm}$

20 Treffer $l_m = \sqrt{\frac{20}{19}} = 1,026 \text{ cm}$

100 Treffer $l_m = \sqrt{\frac{100}{99}} = 1,005 \text{ cm.}$

10. Bei 6 Treffern beliebiger Lage

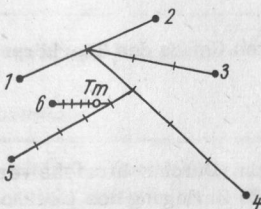


Bild 4.3.27

$$l_m = \sqrt{\frac{\sum l^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + l_4^2 + l_5^2 + l_6^2}{n-1}}$$

$$l_m = \sqrt{\frac{1,8^2 + 1,7^2 + 1,7^2 + 3,2^2 + 2,2^2 + 1,5^2}{6-1}} \text{ cm}$$

$$= \sqrt{\frac{3,24 + 2,89 + 10,24 + 2,89 + 4,84 + 2,25}{5}} \text{ cm} = \sqrt{\frac{26,35}{5}} \text{ cm}$$

$$l_m = 2,3 \text{ cm}$$

Aufgaben

1. Erläutern Sie den Begriff „Streuung“!
2. Nennen Sie die Ursachen für die Streuung!
3. Wie wird der mittlere Treffpunkt ermittelt?
4. Ermitteln Sie zeichnerisch von 7 beliebig angeordneten Treffern den mittleren Treffpunkt!
5. Ermitteln Sie zeichnerisch von 7 beliebig angeordneten Treffern den Streukreis!

4.3.6. Wirkung des Büchschusses am Ziel

Jeder auf ein Stück lebendes Wild abgegebene Schuß soll möglichst zum sofortigen Verenden des Tieres führen. Der Jäger muß wissen, welche Stellen des Wildkörpers getroffen werden müssen und welche Faktoren die Wirkung des Geschosses im Wildkörper beeinflussen.

Die empfindlichsten Organe des Tieres sind

- Herz
- Leber
- Niere
- Gehirn.

Wird das sogenannte Blatt getroffen, das ist beim Schalenwild die Partie, die etwa handbreit über und hinter den Vorderläufen beginnt, dann dringt das Geschöß ins Herz, und das Tier bricht oftmals im Feuer zusammen. Voraussetzung sind genügend große Auftreffenergie und Stabilität des Geschosses.

Durchschlägt ein Geschöß die Wirbelsäule, so kann das Tier ebenfalls sofort verenden. Beide Schüsse sind jedoch noch keine Garantie dafür, daß das Wild im Feuer zusammenbricht; ein Stück Wild läuft vielfach nach einem Herzschuß 20 ... 40 m und nach einem Schuß durch die Mitte der Wirbelsäule versucht es noch, sich mit den Vorderläufen fortzubewegen. Kopfschüsse wirken dagegen sofort tödlich, wenn das Gehirn getroffen wird.

Leber- und Nierentreffer führen zum sofortigen Tod. Ein Schuß, der nur zu einer Verletzung führt, kann für das Tier der Beginn einer qualvollen Leidenszeit werden, deshalb soll niemals leichtfertig und unüberlegt geschossen werden.

Die Gesamtwirkung eines Geschosses im Wildkörper kann in drei Einzelwirkungen geteilt werden:

Durchschlagwirkung

Diese ist abhängig von der Auftreffenergie, dem Kaliber, der Geschößform und der Zerlegbarkeit des Geschosses. Kleinkalibriges Spitzgeschöß wird das Ziel leichter durchschlagen als großkalibriges Geschöß mit Rundkopf. Je weniger ein Geschöß im Ziel zerlegt wird, um so größer wird seine Durchschlagwirkung. Verformungsarbeit bedeutet Verminderung der Durchschlagwirkung.

Spreng- oder hydrodynamische Wirkung

Sie ist die Wirkung, die das Geschöß auf die mit Flüssigkeit gefüllten Gefäße des Tierkörpers ausübt.

Splitterwirkung

Diese Wirkung tritt bei Zerlegung des Geschosses in kleine Teile ein. Durch zahlreiche verschiedene Geschößkonstruktionen wird eine mehr oder weniger große Zerlegung des Geschosses erreicht.

Die Wirkung des Geschosses beim Auftreffen und nachfolgenden Eindringen in den Wildkörper ist außer vom Geschoß mit all seinen Eigenschaften noch von der lokalen Eigenart der getroffenen Körperstelle abhängig. Beim Auftreffen auf Knochenpartien entstehen wesentlich andere Wirkungen als beim Durchschuß weicher Körperteile. Die Verformungsbereitschaft eines Geschosses, als Voraussetzung für die geforderte Tötungswirkung, wird von der Auftreffgeschwindigkeit und damit von der Auftreffenergie bestimmt. Hier sei daran erinnert, daß nach dem bereits behandelten mathematischen Gesetz für die Berechnung der kinetischen Energie mit doppelter Geschwindigkeit eine vierfache Steigerung der Auftreffenergie erreicht wird, d. h., die Auftreffenergie ist dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional.

$$W_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Entscheidend für die tatsächliche Wirkung aber ist die Geschwindigkeit, mit der das Geschoß seine Energie (Arbeitsvermögen) in Zerstörungsarbeit im Wildkörper umwandeln kann.

Aufgaben

1. Erläutern Sie die Anforderungen an die Wirkung eines Büchschusses im Wildkörper!
2. Beschreiben Sie die Wirkungsmöglichkeiten des Büchschusses im Wildkörper!

4.3.7. Patrone für den Büchschuß

Die Patrone für den Büchschuß, wie sie heute bei der Jagd verwendet wird, besteht aus folgenden Hauptteilen:

- Geschoß
- Hülse
- Pulver
- Zündsatz.

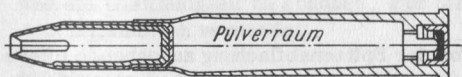


Bild 4.3.28
Büchsenpatrone im Querschnitt

Geschoß

Die im vorigen Abschnitt abgeleiteten und zu fordernden Eigenschaften eines Geschosses bilden die Richtlinien für die Konstruktion. Form und Werkstoff sowie günstigstes Verhältnis von Masse und Geschwindigkeit sind die Variablen, die dem Konstrukteur die Möglichkeit geben, die Geschosse dem jeweiligen Verwendungszweck anzupassen, so daß durch möglichst schnelle Verformung und Aufsplitterung eine tödende Wirkung eintritt.

Die auch heute noch geläufige Bezeichnung „Kugel“ für das Büchsen Geschosß deutet darauf hin, daß einst kugelförmige Geschosse verwendet wurden. Die Entwicklung führte dann über Langgeschosse verschiedenster Art zu den heutigen modernen Geschosßformen.

Im folgenden werden vier Geschosßtypen erläutert, die sich auf Grund von reichen Erfahrungen aus einer großen Anzahl als die zweckmäßigsten erwiesen haben.

Teilmantel-Rundkopfgeschoß Tlm/Rdk

Dieser Geschosßtyp ist gekennzeichnet durch seinen langen zylindrischen Teil, den Teilmantel und die etwa kalibergroße Kopfabrundung.

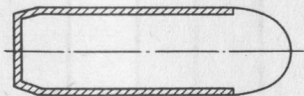


Bild 4.3.29
Teilmantel-Rundkopfgeschoß (Tlm/Rdk) im Schnitt

Vorteile

- einfache Herstellung
- solide (relativ lange) Führung im Lauf
- formbedingte, hohe Querschnittsbelastung

Nachteile

- große Reibung im Lauf
- großer Luftwiderstand durch plumpe Form

Vorteile	Nachteile
• befriedigende Verformung bei Auftreffgeschwindigkeiten im Ziel von $v_z > 600$ m/s • befriedigende Zersplitterung, wenn der Mantel vorn nicht zu stark ist	

Spitzgeschoss mit kleiner Bleispitze S/B1

Auch das S/B1-Geschoß ist ein Teilmantelgeschoss. Spitze bzw. Kopf des Geschosses ist nicht ummantelt. Der Mantel ist am Geschosßboden geschlossen. Charakteristisch für dieses Geschosß ist der weit nach vorn gezogene Mantel. Er schützt die Bleispitze vor Beschädigungen.

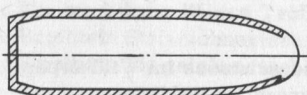


Bild 4.3.30

Spitzgeschoss mit kleiner Bleispitze (S/B1) im Schnitt

Vorteile	Nachteile
• geringer Luftwiderstand durch ballistisch günstige Form • bessere Rasanzen (Gestrecktheit) der Flugbahn als beim Tlm/Rdk	• Zerlegung ist erst gewährleistet, wenn $v_z > 650$ m/s • Manteldicke an der Spitze ist auch hier von Bedeutung

Spitzgeschoss mit offener Lochspitze S/oL

Charakteristisch für das S/oL-Geschoß ist das von der Spitzenabflachung ausgehende offene Trichterloch. Im Gegensatz zum Tlm/Rdk und S/B1 hat das S/oL einen Vollmantel und mitunter zusätzlich noch einen Teilmantel (Doppelmantel).

Wichtig für die Zerlegungsbereitschaft und eine einwandfreie Flugbahn des Geschosses sind die Abmessungen des Trichterlochs.

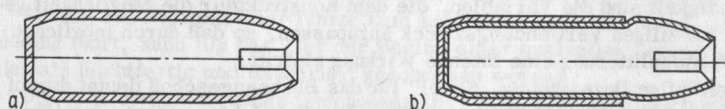


Bild 4.3.31. Spitzgeschoss mit offener Lochspitze (S/oL) im Schnitt

a) als Vollmantel; b) als D-Mantel

Vorteile	Nachteile
• sehr gute Zerlegungsbereitschaft auch bei schwachem Wild und Weichschuß • gute Rasanzen der Flugbahn; nur geringfügig schlechter als S/B1, innerhalb großer v_z-Grenzen verwendbar; gute Zerlegung auch bei kleinen v_z • relativ kurz • bringt auch bei kleinem Kaliber gute Erfolge	

Spitzgeschoss mit hohler Kegelspitze S/Kgl

Das Streben nach bester ballistischer Form führte zum S/Kgl-Geschoß. Das Loch im Geschosßkopf wird hier durch eine dünnwandige Spitze aus besonders weichem Werkstoff verdeckt.

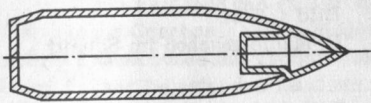


Bild 4.3.32
Spitzgeschoss mit hohler Kegelspitze (S/Kgl) im Schnitt

Vorteile	Nachteile
• sehr gute Rasanz der Flugbahn (infolge geringen Luftwiderstands) • befriedigende Wirkung bei großer v_z auf große Entfernung und bei starkem Wild	• mangelhafte Zerlegungsbereitschaft bei niedriger v_z und kleinem Kaliber; $v_z < 800 \text{ m/s}$ • relativ lang

Geschosßwerkstoffe

Während das Büchsengeschoss von einst vollständig aus Blei bestand, wird es heute in den meisten Fällen aus mehreren Werkstoffen hergestellt.

Der Kern der modernen Büchsengeschosse besteht zumeist aus einer speziellen Bleilegierung, während der Mantel (Teil- oder Vollmantel) aus Flußstahl, Kupfer, Tombak (Legierung, die aus Kupfer bis zu 85 %, Zink bis zu 15 % und Zinn bis zu 3 % besteht) oder Gildingmetall (Legierung aus 90 ... 95 % Kupfer und 5 ... 10 % Zink) hergestellt wird. Dabei wird der Stahlmantel häufig noch mit edleren Metallen plattiert, um die Korrosionsbeständigkeit und die Gleitfähigkeit zu erhöhen. Für die Spitze der S/Kgl-Geschosse wird Kupfer- oder Aluminiumblech verwendet.

H-Mantel

Die verschiedenen Geschosßtypen unterscheiden sich vor allem in der Dicke, der Länge und der Form der Ummantelung.

Typisch für den H-Mantel ist eine H-förmige Verstärkung oder Einschnürung des Mantels. Durch diese Einschnürung oder Verstärkung entsteht ein vorderer und ein hinterer Geschosßteil. Der vordere soll sich möglichst stark zerlegen und große Schockwirkung und Tötungsarbeit leisten. Der hintere Teil soll kompakt erhalten bleiben und die notwendige Tiefenwirkung oder den Ausschuß erzielen.

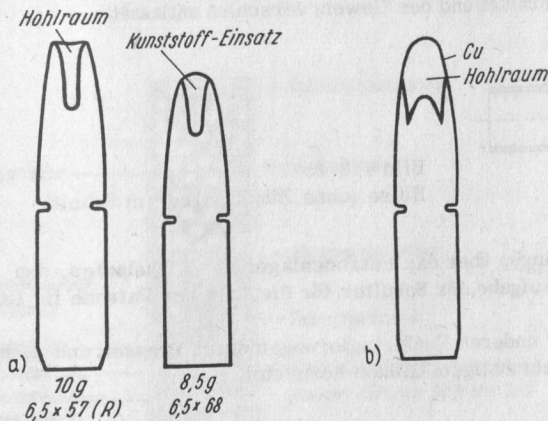


Bild 4.3.33
H-Mantelgeschosse im Schnitt
a) 6,5 mm
b) 7 mm

D-Mantel

Der Doppelmantel (D-Mantel) befindet sich nur an S/oL-Geschossen.

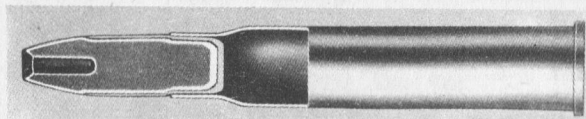


Bild 4.3.34

D-MantelgeschöÙ im Schnitt

Den Bleikern umgibt ein Kupfervollmantel und den hinteren Teil noch ein Flußstahlteilmantel. Dieser Stahlmantel garantiert eine gute Führung im Lauf (Kupfer verschmiert die Züge) und bremst die sehr starke Zerlegung gegen das GeschoÙende hin ab. D-Mantelgeschosse führen selten zum Ausschuß; das erhöht die Sicherheit für das Hintergelände. Die dem GeschoÙ innewohnende Energie steht voll zur Tötungsarbeit zur Verfügung.

GeschoÙkaliber

Wie die Kaliberbezeichnung des Büchslaufs keine genauen Angaben über den Feld- bzw. Zugdurchmesser im Lauf enthält, so sagt sie auch nichts über den tatsächlichen Durchmesser des Geschosses aus. In der Praxis lassen sich die Beziehungen zwischen den Laufabmessungen und dem GeschoÙdurchmesser am besten durch die Begriffe „Preßführung“, „Zylinderführung“ und „Stauchungsführung“ erklären.

Preßführung liegt vor, wenn der Durchmesser des Geschosses größer als der Zugdurchmesser des Laufs ist, d.h., wenn sowohl die Züge als auch die Felder den GeschoÙwerkstoff umformen müssen.

Bei der Zylinderführung ist der GeschoÙdurchmesser gleich dem Zugdurchmesser. Nur die Felder formen den GeschoÙwerkstoff um.

Bei der Stauchungsführung ist der GeschoÙdurchmesser kleiner als der Zugdurchmesser. Das GeschoÙ wird infolge besonderer Konstruktion bei Beginn seiner Bewegung gestaucht, so daß es die Form des gezogenen Laufquerschnitts annimmt.

Hülse

Sie vereinigt Pulver, GeschoÙ und Zündsatz zu einer Patrone. Außerdem schützt sie das Pulver vor Feuchtigkeit. Bei modernen Büchsenpatronen überwiegt die Flaschenform der Hülse. Der Grund hierfür dürften der große Pulverraum und der günstige Einfluß des Schulterkegels auf den Gasdruckverlust sein. Die Schulter und der Auszugswiderstand des Geschosses aus der Hülse führen zu einem Gasstau, der eine günstige Pulververbrennung bewirkt.

Außerdem führt der schwache Konus dieser Hülsen während der Pulververbrennung zu einer relativ großen Reibung zwischen Patronenlager und Hülse. Dadurch werden das Entweichen von Pulvergasen nach hinten verhütet und der Gewehrverschluß entlastet.

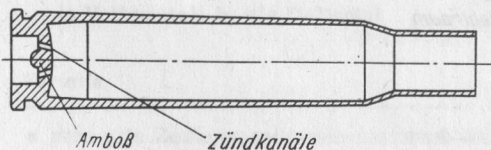


Bild 4.3.35

Hülse (ohne Zündhütchen) im Schnitt

An dieser Stelle sei auf die Ausführungen über das Patronenlager des Büchslaufes, den Patronenrand am Hülsenboden und die Aufgabe der Schulter für die Lage der Patrone im Lauf nochmals hingewiesen.

Die Hülsen werden aus Messing oder anderen Kupferlegierungen durch Pressen und Ziehen in mehreren Arbeitsstufen und unter mehrmaligem Glühen hergestellt.

Pulver

Im Abschn. 4.2.1. wurden die Herstellung von Pulver, dessen Eigenschaften und Wirkungen behandelt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß innerhalb der beiden Hauptpulverarten, offensiv und progressiv, jeweils zahlreiche Variationen möglich sind, d.h. schwach oder stark offensiv bzw. progressiv.

In jedem Fall muß das Pulver dem Geschöß, der Hülse und der Lauflänge angepaßt sein. Für leichte Geschosse mit geringer Reibung zwischen Geschöß und Lauf wird offensives, für schwere Geschosse mit großer Reibung in langem Lauf progressives Pulver benutzt. Offensives Pulver belastet den Lauf stärker als progressives.

Zündsatz

Für die Zündung des Pulvers werden heute vorwiegend Zündhütchen verwendet, die zentral (in der Mitte) in den Hülsenboden eingesetzt werden. Diese Zündungsart heißt Zentralzündung, die Patronen Zentralfeuerpatronen.

Die Schlagbolzenspitze schlägt auf das Zündhütchen. Bei der dadurch entstehenden Verformung des Zündhütchens werden die Kristalle der Zündmasse zwischen Amboß und Zündhütchen aneinandergerieben und entzündet (Bild 4.2.2).

Die Zündflamme schlägt dann durch die Zündkanäle der Hülse in den Pulverraum und entzündet das Pulver.

Bei Randfeuerpatronen befindet sich der Zündsatz im Bodenrand der Hülse.

Der Schlagbolzen schlägt hier auf den Rand der Patronenhülse. Die Patronenrandeinführung des Laufs bildet das erforderliche Gegenlager für den Schlag anstelle des Ambosses der Zentralfeuerpatrone (Bild 4.2.3).

Aufgaben

1. Erläutern Sie den Aufbau einer Patrone für den Büchschuß!
2. Erklären Sie die Begriffe „Pressführung“, „Zylinderführung“ und „Stauchungsführung“!
3. Ermitteln Sie die Nachteile des Spitzgeschosses mit offener Lochspitze, und fixieren Sie diese auf Seite 202!

4.3.8. Patrone für den Flintenschuß

Die Patronenhülse wird aus gepreßter Pappe hergestellt, die am Patronenboden eine zylindrische Metallverstärkung, eine Metallbodenkappe und einen Metaldoppelboden trägt, in dem sich das Zündhütchen befindet. Der Pulverraum wird von den Hartbleischroten durch ein Teerscheibchen, einen gefetteten Filzpfropfen und ein Kartonscheibchen getrennt. Der Gasdruck wirkt auf das Teerscheibchen, preßt den Filzpfropfen zusammen und bewegt das Kar-

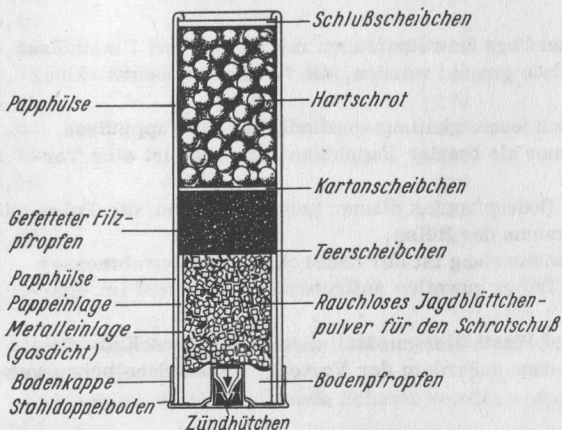


Bild 4.3.36
Schrotpatrone

tonscheibchen mit der Schrotladung durch den Lauf. Der Filzpfropfen preßt sich an die Laufwand, so daß die Pulvergase nicht mit den Schroten in Berührung kommen können. Die Gase würden sonst zwischen den Schroten einen Weg ins Freie finden, ohne ihr Arbeitsvermögen auf die Schrote zu übertragen.

Durch den gefetteten Filzpfropfen wird gleichzeitig das Pulver vor dem Eindringen der Luftfeuchtigkeit geschützt. Die Schrotpatronen sind gasdicht, d.h., die Verbrennungsgase können nur an der Laufmündung entweichen. Vorn ist die Schrotpatrone durch ein Schlußscheibchen verschlossen, das durch den umgebördelten Rand der Patronenhülse gehalten wird.

In dem Bestreben, die ungünstige Einwirkung des Schlußscheibchens auf die Bewegung der Schrotgarbe zu beseitigen, wurde die Sternfaltung der Patronenhülsen entwickelt. Die Hülse wird sternförmig nach innen gefaltet, das Scheibchen überflüssig. Dieser Verschluß verkürzt die Hülse mehr als die herkömmliche Umbördelung.

Aus Platzgründen wurden deshalb die Höhe des Filzpfropfens und die Masse der Schrotladung verringert.

Wenn trotzdem eine bessere Schußleistung erzielt wird, dann spricht dies eindeutig für diese neue Art des Hülsenverschlusses.

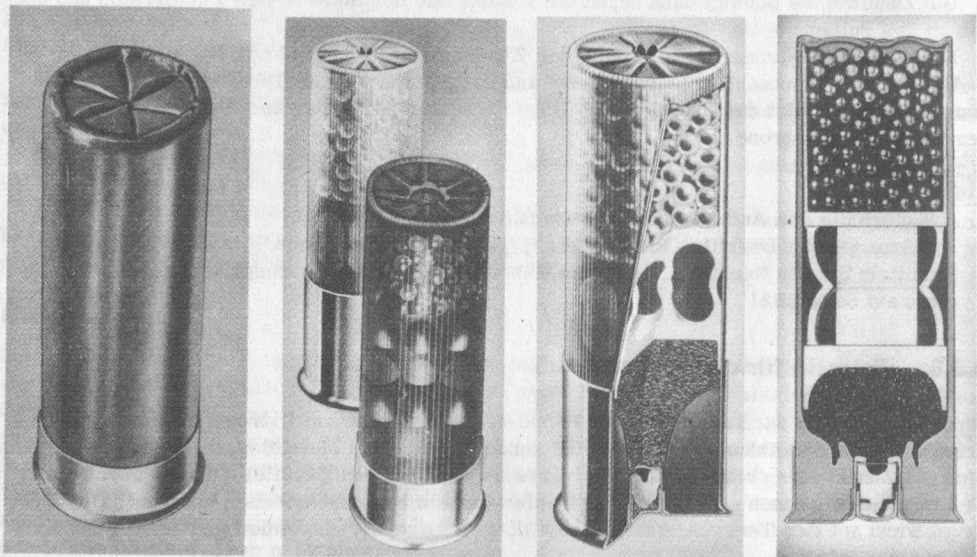


Bild 4.3.37. Flintenpatrone mit Sternfaltung

In verschiedenen Ländern werden neuerdings Schrotpatronen mit Metall- und Plasthülsen angeboten. Es sollen hier nur einige Gründe genannt werden, die für diese Neuentwicklung sprechen:

- Metall- und Plasthülsen sind wesentlich feuchtigkeitsunempfindlicher als Papphülsen.
- Die Hülsenwandung ist wesentlich dünner als bei der Papphülse; die Folge ist eine Vergrößerung des Innenraums der Hülse.
- Bei Metall- und Plasthülsen kann der Bodenpfropfen dünner gehalten werden; die Folge ist eine weitere Vergrößerung des Innenraums der Hülse.
- Eine weitere Folge der dünneren Hülsenwandung ist der dadurch größere Durchmesser des Filzpfropfens, der wiederum den früher zuweilen auftretenden Gasschlupf im Übergangskegel wesentlich verringert.

Da bei der Herstellung der Metall- und Plasthüllen zusätzlich noch der Verschluß mittels Sternfaltung bevorzugt wird, ergibt sich dann außerdem der Vorteil, daß das Scheibchen wegfällt.

Eine weitere Neuerung bei den Schrotpatronen ist die Verwendung von Plastikpfropfen. Der Pfropfen erfüllt hierbei drei Aufgaben.

Der Plastikpfropfen

- ersetzt den Filzpfropfen,
- verhindert die Verbleiung des Laufs und mindert die Deformierung der Schrotkörner,
- mindert durch seine Ventilierung den Rückstoß.

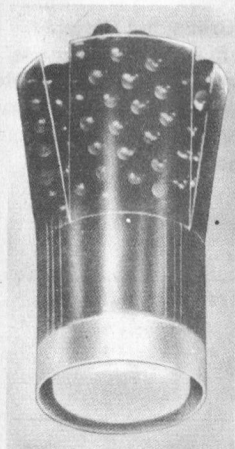


Bild 4.3.38
Plastikpfropfen

Da der Pfropfen an der Seite geschlitzt ist, piltz er sofort nach Verlassen des Laufs auf und bleibt hinter den Schroten zurück.

Abgesehen von der Korngröße der Schrote - die in Abhängigkeit von der zu erlegenden Wildart gewählt wird -, ist der Jäger immer bestrebt, eine Patrone mit möglichst vielen Schroten und einer großen Anfangsgeschwindigkeit zu verschießen. Die Forderung nach einer großen Anzahl von Schroten wird, wie aus Tafel 4.3.5 ersichtlich ist, am besten vom Kal. 12 erfüllt.

Tafel 4.3.5. Kornmasse und Körnerzahlen

Schrotgröße in mm	Kornmasse in g	Körnerzahlen für Kal.		
		12/70 Stück	16/70 Stück	20/70 Stück
4,50	0,531	66	56	49
4,25	0,447	78	67	59
4,00	0,373	94	80	70
3,75	0,307	114	98	85
3,50	0,250	140	120	104
3,25	0,199	176	151	131
3,00	0,157	223	191	166
2,75	0,120	292	250	217
2,50	0,091	384	330	286
2,25	0,066	530	454	394
2,00	0,047	745	638	553

Schrotkorn

Vorläufer der heute verwendeten Schrotkörner war das gehackte Blei (Hagelschrot) des Mittelalters.

Gegossene, weitgehend runde Schrote wurden erstmals im Jahre 1758 in England hergestellt.

Heute gibt es zwei Verfahren der Massenfabrikation:

1. Die flüssige Blei-Antimon-Arsen-Legierung wird durch ein Sieb geschüttet und fällt dann aus einer Höhe bis zu 60 m in ein Wasserbad, wo sie abgeschreckt wird und Kugelgestalt annimmt. Die Korngröße wird hierbei durch die Lochgrößen des Siebes und durch die Fallhöhe bestimmt.
2. Die flüssige Legierung fällt auf eine rotierende Scheibe. Durch die Fliehkraft werden, je nach der Umdrehungszahl der Scheibe, kleine oder große Tropfen gegen einen Leder-schirm geschleudert und fallen ins Wasserbad.

Später werden die Körner beider Fabrikationsarten maschinell nach Größe und Gleich-mäßigkeit sortiert.

Der Grund für die Verwendung von Blei für die Schrotherstellung liegt in der großen Dichte dieses Werkstoffs, die zu einer großen Querschnittsbelastung der einzelnen Körner führt. Da reines Blei zu weich ist und sich zu leicht verformt, werden Arsen und Antimon zulegiert. Dadurch wird zum einen die Bleischmelze dünnflüssiger und zum anderen das Blei relativ hart (daher auch die Bezeichnung Hartschrot bzw. Hartblei).

Tafel 4.3.6. Schrotkennziffern

Schrot- durchmesser d in mm	Gewichtskraft $F_G = m \cdot g$ in N	Querschnitt A in mm ²	Querschnittsbelastung $\sigma_{QB} = \frac{F_G}{A}$ in Pa
4,5	$0,531 \cdot 10^{-2}$	16	332
4,0	$0,373 \cdot 10^{-2}$	13	
3,5			
3,0			
2,5			
2,0			

Beispiel

Gegeben sind: Schrotdurchmesser $d = 4,5 \text{ mm}$; Querschnitt $A = 16 \text{ mm}^2$; Gewichtskraft $F_G = 0,531 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ (Tafel 5.3.5). Es ist die Querschnittsbelastung zu errechnen.

Lösung:

$$\sigma_{QB} = \frac{F_G}{A} = \frac{5,31 \cdot 10^{-3} \text{ N}}{16 \text{ mm}^2} = 0,332 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{QB} = 332 \text{ Pa}$$

Aufgaben

1. Erklären Sie den Aufbau einer Patrone für den Flintenschuß!
2. Erläutern Sie die Unterschiede zwischen einer Patrone für den Büchschuß und einer Patrone für den Flintenschuß!
3. Vervollständigen Sie Tafel 4.3.6!

4.3.9. Bewegung der Schrote

Bewegung der Schrotsäule durch den Lauf

Die Schrote werden durch die beim Schuß plötzlich wirkende Kraft eng zusammengepreßt und erleiden dabei zum Teil kleine Deformationen. Bei der Bewegung durch den Lauf schleifen sich die an der Laufwandung liegenden Schrote ab, und beim Passieren der Choke-Bohrung an der Laufmündung wird nochmals eine Formänderung eintreten. Ein erheblicher Teil der Ladung wird demnach beim Verlassen des Laufs eine unsymmetrische Form aufweisen.

Bewegung der Schrotgarbe nach dem Verlassen des Laufs

Das Schlußscheibchen, auch Deckblättchen genannt, soll in der Choke-Bohrung nur geringen Widerstand finden, den Lauf möglichst schneller als die Schrotgarbe verlassen und schnell nach unten fallen, damit sich die Schrote ungehindert auf ihre Bahn begeben können. Die Garbe erhält, wie ein Geschöß, nach dem Verlassen noch eine Beschleunigung. Die Bewegung des Filzpfropfens wird nun wegen der geringen Querschnittsbelastung und des dadurch stark wirkenden Luftwiderstands erheblich verzögert. Er bleibt zurück und fällt ebenfalls nach unten.

Auf die Schrotsäule wirkt nun die Luft ein. Ihre Wirkung ist vergleichbar mit einem Luftstrom, der gegen die als stillstehend angenommene Schrotsäule bläst und den Abstand der Einzelschrote vergrößert. Aus der Schrotsäule entwickelt sich eine Schrotgarbe. Der von ihr bestrichene Raum kann durch Schießversuche festgestellt werden, deren Ergebnisse in Bild 4.3.39 dargestellt sind.

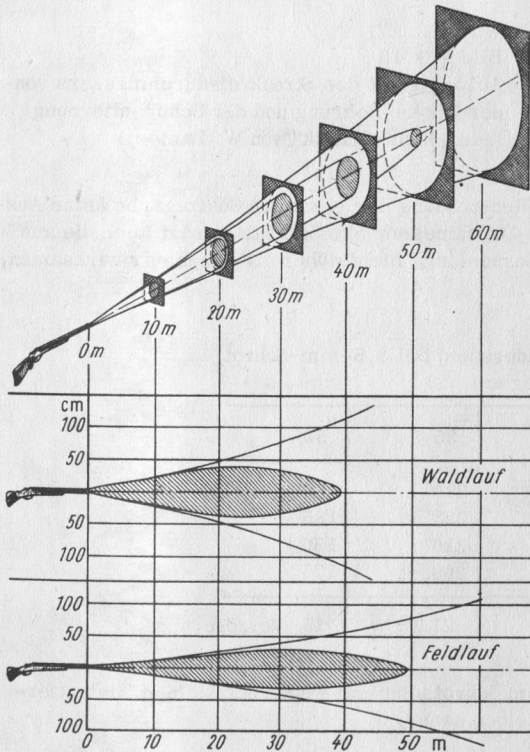


Bild 4.3.39

Breitenstreuung des Schrotschusses bei unterschiedlichen Choke-Bohrungen (schraffierte Flächen - wirksamer Bereich der Schrotgarbe)

Da die Streuung nicht nur von der Bohrungsart des Laufs, sondern auch von der Schrotgröße, vom Kaliber und von der Anfangsgeschwindigkeit der Schrotgarbe abhängig ist, lassen sich nur schwer zahlenmäßige Angaben machen. Immerhin sind Versuche zum Feststellen der Breitenstreuung unternommen worden, und Bild 4.3.40 zeigt anschaulich, in welchem Maße sich der Streukreisdurchmesser in Abhängigkeit von der Schußentfernung und der Bohrungsart verändert.

Neben der Breitenstreuung unterliegt jedoch die Schrotgarbe auch einer Längenstreuung, d.h., die frei fliegende Schrotgarbe hat eine bestimmte Garbenlänge. Versuche zum Messen der Garbenlänge zeigen, wie bei der Breitenstreuung Unterschiede in Abhängigkeit von der Bohrungsart der Läufe, vom Kaliber, von der Schrotgröße und von der Anfangsgeschwindigkeit der Schrote entstehen.

Als Faustregel gilt: Die Garbenlänge entspricht 10% der Schußentfernung.

Diese Faustregel ist vor allem für kürzere Entfernungen anwendbar. Bei der Flinten-

prüfentfernung von 35 m ist die Garbenlänge meist kleiner als die nach der Faustregel errechnete.

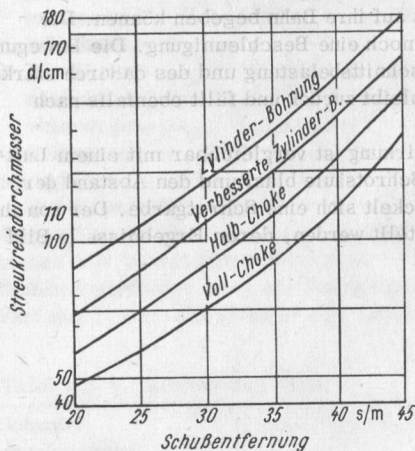


Bild 4.3.40

Abhängigkeit des Streukreisdurchmessers von der Choke-Bohrung und der Schußentfernung (aus „Jagdballistik“ von W. Lampel)

Wie der Streukreisdurchmesser der Breitenstreuung der gesamten Schrotgarbe keine Aussagen über den wirksamen Kern-Streukreis-Durchmesser ermöglicht, so sagt auch die aus der obigen Faustregel ermittelte gesamte Garbenlänge nichts über die Länge der wirksamen, den Jäger interessierenden Garbenteile aus.

Tafel 4.3.7. Verzögerung durch den Luftwiderstand bei 3,5-mm-Schrot (v in m/s; der Index gibt die Schußentfernung an)

v_5	$v_{12,5}$	v_{20}	v_{35}	v_{50}
380	331	291	230	190
360	317	280	223	185
340	303	269	216	180
320	289	259	209	175
380 - 320 = 60	42	32	21	15 Verzögerung

Die Wirkung der Erdanziehungskraft beim Schrotschuß ist wegen der kleinen Zielentfernung gering, so daß sie unberücksichtigt bleiben kann.

Aufgaben

- Beschreiben Sie die Entwicklung der Schrotsäule zur Schrotgarbe!
- Erläutern Sie die Abhängigkeit des Streukreisdurchmessers von der Choke-Bohrung und der Schußentfernung!

4.3.10. Schrotschußbeurteilung

Das Beurteilen der Schußleistung eines Flintenlaufs ist schwieriger als das eines Büchslaufs.

Die Beurteilung der Schußleistung eines Flintenlaufs ist abhängig von der

- Anzahl der Treffer
- Trefferpunktlage
- Verteilung der Treffer auf der Scheibe
- Regelmäßigkeit des Trefferbilds von Schuß zu Schuß.

Während früher auf eine 100-Felder-Scheibe geschossen wurde, benutzt man heute die 16-Felder-Scheibe (Bild 4.3.41):

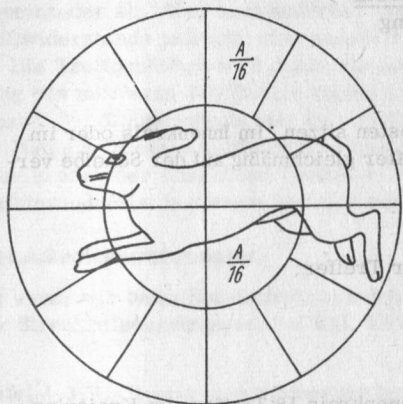


Bild 4.3.41
16-Felder-Scheibe

großer Durchmesser	$D = 0,750 \text{ m}$
kleiner Durchmesser	$d = 0,375 \text{ m}$
Fläche des großen Kreises	$A_1 = 0,442 \text{ m}^2$
Fläche des kleinen Kreises	$A_2 = 0,111 \text{ m}^2$
Fläche des Feldes	$\frac{A_1}{16} = 0,028 \text{ m}^2$

Die Fläche des kleinen Kreises ist $\frac{A_1}{4}$. Sie ist in vier gleiche Teile geteilt, so daß jedes

Feld $\frac{A_1}{16}$ ist. Für die Fläche des Kreisrings bleiben $\frac{3 \cdot A_1}{4}$ übrig. Sie ist in 12 gleiche Teile

geteilt, so daß jeder Teil $\frac{3 \cdot A_1}{4 \cdot 12} = \frac{A_1}{16}$ groß ist. Alle 16 Teile der Scheibe sind somit gleich groß. Um die Wirkung eines Schrotschusses beurteilen zu können, hat man die Größen der Felder mit den verschiedenen Treffflächen des Wilds verglichen und dementsprechend die Anzahl der Treffer je Feld festgelegt. So entspricht die Trefffläche eines quer zur Schußrichtung flüchtenden Hasen etwa der Größe von zwei Feldern, der eines Rebhuhns der Größe des dritten Teils eines Feldes sowie der eines Fasans oder einer Ente der Größe von zwei Drittel eines Feldes. Nach den Beurteilungsnormen werden für die Hasenfläche (2 Felder) 5 Treffer von 3,5 mm Schrot verlangt. Für die Deckungsermittlung an der 16-Felder-Scheibe heißt das, es wird jedes Feld als gedeckt betrachtet, wenn es mit einem beliebigen Nachbarfeld zusammen mindestens 5 Treffer zeigt. Für die Huhnfläche ($1/3$ Feld) werden 4 Schrote von 2,5 mm gefordert, d.h., jedes Feld mit mindestens 12 Schroten gilt als gedeckt.

Bei Fasan bzw. Ente werden auf der Fläche ($2/3$ Feld) vier 3-mm-Schrote verlangt, was erreicht ist, wenn jedes Feld mindestens 6 Treffer aufweist.

Die Anzahl der Treffer wird durch die Choke-Bohrung reguliert. Will ein Jäger durchschnittlich auf weite Entfernung schießen (Feldlauf), so muß die Schrotgarbe zusammengehalten werden. Auf Normalschußentfernung von 35 m muß deshalb eine überdurchschnittliche Anzahl von Treffern erzielt werden. Bei Nahschüssen mit dem Waldlauf muß dagegen die Streuung groß sein.

Die Verteilung der Treffer auf der Scheibe muß möglichst gleichmäßig sein. Als Maß für die Verteilung wurde die Schußverdichtung eingeführt. Sie stellt das Verhältnis der 3fachen

Trefferzahl im Innenkreis zur Trefferzahl im Kreisring dar (Fläche des Kreisrings zur Fläche des Innenkreises 3 : 1).

$$\text{Schußverdichtung} = \frac{3 \cdot \text{Trefferzahl im Innenkreis}}{\text{Trefferzahl im Kreisring}}$$

$$v_{\text{sch}} = \frac{3 \cdot i}{a}$$

Die Schußverdichtung gibt an, wo die Treffer am dichtesten sitzen, im Innenkreis oder im Kreisring. Ist das Verhältnis gleich 1, so sind die Treffer gleichmäßig auf der Scheibe verteilt.

$v_{\text{sch}} > 1$ bedeutet Verdichtung innen;

$v_{\text{sch}} = 1$ bedeutet gleichmäßige Verteilung der Treffer;

$v_{\text{sch}} < 1$ bedeutet Verdichtung außen.

Beispiele

1. Beim Einschießen auf dem Schießstand wurden im Innenkreis 18 Treffer, im Kreisring 79 Treffer gezählt. Die Patrone enthielt 138 Schrote 3,5 mm.

Zu errechnen sind

- a) die Schußverdichtung; b) die Treffer in %.

Lösung:

$$\text{a) } v_{\text{sch}} = \frac{3 \cdot i}{a} = \frac{3 \cdot 18}{79} = \frac{0,684 \text{ Tr}}{1 \text{ Tr}} \quad \begin{array}{l} \text{(Treffer im Innenkreis)} \\ \text{(Treffer im Außenkreis)} \end{array}$$

$$v_{\text{sch}} = 0,684$$

0,684 Treffer im Innenkreis entfallen auf einen Treffer im Kreisring, d.h., außen liegen die Treffer dichter als innen ($0,684 < 1$).

$$\text{b) } 100 : 138 = x : 97$$

$$x = \frac{97 \cdot 100}{138} \%$$

$$x = 70 \%$$

70% der Schrote trafen die Scheibe.

2. Im Innenkreis einer 16-Felder-Scheibe wurden 21 Treffer, im Kreisring 57 Treffer gezählt. Die Patrone enthielt 140 Schrote 3,5 mm.

Zu errechnen sind

- a) die Schußverdichtung; b) die Treffer in %.

Außerdem (c) ist zu entscheiden, wo die größere Dichte liegt.

Lösung:

$$\text{a) } v_{\text{sch}} = \frac{3 \cdot i}{a} = \frac{3 \cdot 21}{57}$$

$$v_{\text{sch}} = 1,11$$

$$v_{\text{sch}} > 1$$

$$\text{b) } 100 : 140 = x : (21 + 57)$$

$$x = \frac{100\% \cdot 78}{140}$$

$$x = 55,7 \%$$

- c) Die Treffer liegen innen dichter als außen, da $v_{\text{sch}} > 1$.

Die Regelmäßigkeit von Schuß zu Schuß ist schwerer zu erreichen, als es bei flüchtiger Betrachtung erscheint. Der Flug der Schrotsäule wird schon im Lauf von Schuß zu Schuß verschieden beeinflusst; denn die Lage der Schrote und die Reibung an der Laufmündung weichen voneinander ab. Aber auch außerhalb des Laufs wird die Schrotgarbe durch die Wirkung des Luftwiderstands jedesmal eine andere Form erhalten und ein anderes Trefferbild zeigen.

Die Treffpunktlage wird durch die Lage des mittleren Treffpunkts bestimmt. Die Ermittlung des mittleren Treffpunkts könnte wie beim Kugelschuß erfolgen, wäre jedoch wegen der Anzahl der Einzelschrote hier zu umständlich.

Man erhält einen mittleren Treffpunkt mit ausreichender Genauigkeit, wenn man das Trefferbild nach der Anzahl der Treffer in Höhe und Seite halbiert. Der Schnittpunkt der beiden Halbierenden ist in diesem Fall der mittlere Treffpunkt.

Streukreisdurchmesser

Er wird, wie beim Kugelschuß, aus den zwei oder drei äußersten Treffern ermittelt. Werte für Streukreisdurchmesser bei Kal. 12 wurden durch Versuche ermittelt (Tafel 4.3.8).

Tafel 4.3.8. Streukreisdurchmesser bei Kal. 12

Entfernung in m	Schrotdurchmesser in mm	Streukreisdurchmesser	
		Feldlauf in cm	Waldlauf in cm
10	3,5	17	20
	2,5	19	23
20	3,5	38	44
	2,5	45	45
35	3,5	79	92
	2,5	95	116

Trefferanzahl und Auftreffenergie fallen stark ab, wenn die Schußentfernung größer als 35 m ist (Tafel 4.3.9). Jeder weidgerechte Jäger wird deshalb die Schußentfernung so genau wie möglich abschätzen. Vor Abgabe des Schusses wird er gewissenhaft prüfen, ob die vermutlich ankommende Trefferanzahl auch die tödlich wirkende Auftreffenergie hat.

Tafel 4.3.9. Trefferanzahl und Auftreffenergie bei Kal. 12, Schrotdurchmesser 3,5 mm und einer Gesamtzahl der Schrote von 138

Entfernung in m	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Trefferanzahl	135	99	70	48	34	24	17	13	10
Auftreffenergie in J/Korn	13,9	10,6	10,1	8,63	7,55	6,57	5,79	4,9	3,92

Aufgaben

1. Von welchen Größen ist die Schußleistung eines Flintenlaufs abhängig?
2. Erläutern Sie den Begriff „Schußverdichtung“!

5. Kleine Chronik der Feuerwaffen, insbesondere der Handfeuerwaffen

- 618 v.u.Z. In China wird eine Kanone benutzt, die die Aufschrift trägt: Ich schleudere Tod auf den Verräter und Vernichtung auf den Rebellen (Dynastie des Taing-off).
- 300 v.u.Z. In der Chinesischen Mauer werden Schießscharten offengelassen. Das Rezept für Schießpulver gelangt von China nach Indien und Persien, von da zu den Arabern und schließlich nach Europa. Bei den Persern heißt der wichtigste Bestandteil des Pulvers (Kalisalpeter KNO_3) „Nemek Tschini“, d.h. „sinesisches Salz“, und bei den Arabern „Thely Sini“, d.h. „Schnee aus Sina“.
- 85 u.Z. Schießpulver, jetzt „griechisches Feuer“ genannt, soll von einem Griechen nach Konstantinopel gebracht worden sein.
- 1241 Tataren verwenden im Kampf gegen die Polen und Schlesier Feuerschütze.
- 1331 Vermutlich erster Gebrauch von Handfeuerwaffen in Italien.
- 1380–1400 1849 wird in einer Zisterne (Sammelbehälter für Regenwasser) der Burg Tanneberg in Hessen die wahrscheinlich älteste Handfeuerwaffe, ein Handrohr, gefunden. Sie wird Tanneberger Büchse genannt und stammt aus dem Ende des 14. Jahrhunderts.

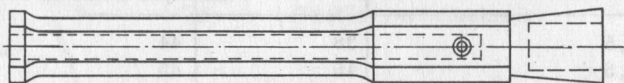


Bild 5.1. Tanneberger Büchse

- Um 1400 Mönchsbüchse. Zündung durch Funken, die durch Reiben einer Feile an einem Stück Schwefelkies (Flintstein) erzeugt werden. Sie soll dem Mönch Berthold Schwarz gehört haben. Ihm wird auch die Erfindung des Schwarzpulvers zugeschrieben. Jedoch liegen hierfür keine Urkunden vor.

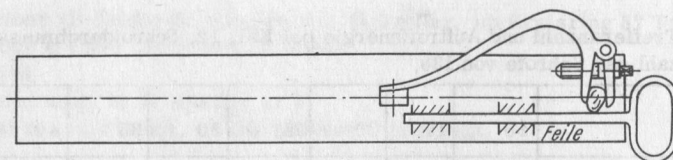


Bild 5.2. Prinzip der Mönchsbüchse

- etwa 1400 Luntengewehr.
- etwa 1420 Luntenschloßgewehr (erstes Gewehrshloß, Bild 3.5.1). Die Schaftform, die bisher sehr primitiv war, wird verbessert.
- etwa 1475 Hakenbüchse.
Gewehre erhalten an der Unterseite einen Haken, der den Rückstoß auf eine Gegenlage (Schutzmauer oder Erdreich) überträgt. Die Hakenbüchsen werden „hack busse“ oder „arquebuse“ genannt. Je nach Größe gibt es: halbe Haken, Doppelhaken, doppelte Doppelhaken und Scharfedündel. Scharfedündel tragen seitlich Stahlzapfen, die in die Lage eines Dreifußgestelles gelegt werden. Aus dem Luntenschloß entwickelt sich das Luntenschnappschloß.
- etwa 1500 Erstes Visier – ein Röhrenvisier (Bild 5.3).

1517

Radschloßgewehr (Bilder 3.5.2 und 3.5.3).
Erster Stecher (Nadelstecher).
Erste Gewehrsicherung.

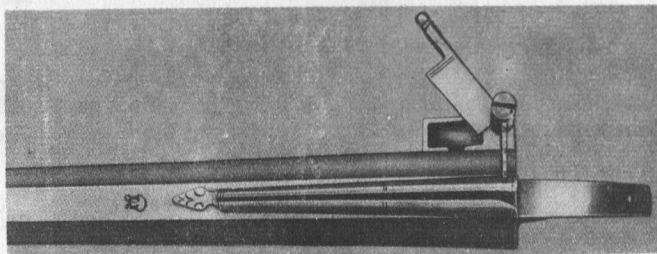


Bild 5.3. Röhrenvisier

1520

Muskete. Vergrößertes Luntenschloßgewehr, das im Kampf gegen die starkgepanzten Ritter benutzt wird.

Züge. Manche Läufe erhalten zunächst nur gerade Züge als Schmutzrillen. Später werden die Züge schraubenförmig gewunden. Dadurch wird die Treffsicherheit wesentlich erhöht.

um 1600

Spanisches und holländisches Schnapphahnschloß (Bild 3.5.4).

1786

Erfindung der Zündmasse.

um 1800

Perkussionszündung.

um 1820

Einheitspatrone (Nikolaus v. Dreyse, Sömmerda).

1827

Zündnadelgewehr. (Erstes Hinterladegewehr. Nikolaus v. Dreyse, Sömmerda.)

um 1840

Hahnschloßgewehr (Bild 3.5.9).

1840

Bis heute Entwicklung zahlreicher Gewehrschlosse und -verschlüsse.

Am besten bewährt haben sich

das Anson-Deeley-Schloß,

das Seitenschloß,

das Blitzschloß und

der Greener-Verschuß.

6. Formelsammlung und Nomogramme

Sind in die nachstehenden Gleichungen bzw. Berechnungsgrundlagen die Maßeinheiten des Internationalen Einheitensystems (IS) einzusetzen, werden die Einheiten nicht gesondert ausgewiesen.

6.1. Grundgesetze der Mechanik

$$m = \rho \cdot V$$

$$\text{Masse} = \text{Dichte} \cdot \text{Volumen}$$

Grundgesetz der Dynamik

$$F = m \cdot a$$

$$\text{Kraft} = \text{Masse} \cdot \text{Beschleunigung}$$

$$F_G = m \cdot g$$

$$\text{Gewichtskraft mit } g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F \text{ in N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Grundgesetz der Statik

$$F = \sigma \cdot A$$

$$\text{Kraft} = \text{Spannung} \cdot \text{Fläche}$$

Arbeit

$$W = F \cdot s \cdot \cos \angle (F; s)$$

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} \cdot \text{Weg} \cdot \cos \angle (F; s)$$

$$W = F \cdot s$$

$$\text{Kraft wirkt in Richtung des Wegs}$$

$$W \text{ in J} = \text{N} \cdot \text{m} = W \cdot s = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$W_H = m \cdot g \cdot h$$

$$\text{Hubarbeit}$$

$$W_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$\text{Beschleunigungsarbeit aus der Ruhe heraus}$$

$$W_R = F_R \cdot s$$

$$\text{Reibungsarbeit}$$

Leistung

$$P = \frac{W}{t}$$

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$$

Energie

$$= \text{Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten}$$

$$W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$$\text{Energie der Lage} = \text{potentielle Energie}$$

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$\text{Energie der Bewegung} = \text{kinetische Energie}$$

$$W = \frac{1}{2} D \cdot (s_2^2 - s_1^2)$$

$$\text{Energie der Schlagfeder} = \text{Spannenergie}$$

$$W = H \cdot m$$

$$\text{Verbrennungsenergie des Pulvers}$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}}$$

$$P_{\text{ab}} \quad \text{abgenommene Leistung}$$

$$P_{\text{zu}} \quad \text{zugeführte Leistung}$$

Impulssatz

$$m_1 \cdot v_o = m_2 \cdot v_R$$

Energiesatz

$$W = \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2} + \frac{m_2 \cdot v_R^2}{2}$$

m_1	Geschoßmasse
m_2	Masse des Gewehrs
v_o	Mündungsgeschwindigkeit
v_R	Rückstoßgeschwindigkeit
W	Pulverenergie

Durch Zusammenfassung ergeben sich

$$W = \frac{m_1 \cdot v_o^2 \cdot (m_1 + m_2)}{2 \cdot m_2}$$

$$v_o^2 = \frac{2 \cdot m_2 \cdot W}{m_1 \cdot (m_1 + m_2)}$$

$$v_R^2 = \frac{2 \cdot m_1 \cdot W}{m_2 \cdot (m_1 + m_2)}$$

Gleitreibung

$$F_R = \mu \cdot F_N$$

μ	Reibungszahl
F_N	Normalkraft

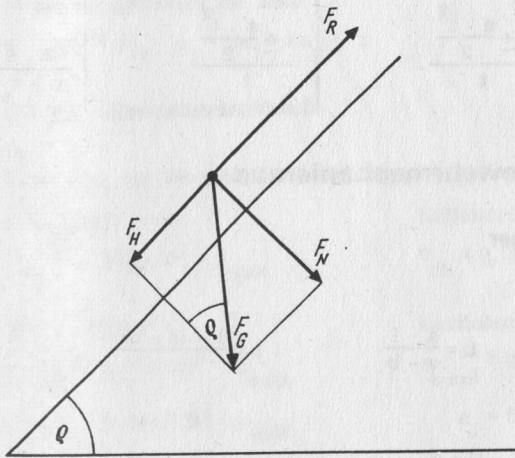


Bild 6.1.1
Gleitreibung

Gleichgewichtsbedingung: $F_H = F_R$ F_H Hangabtriebskraft

F_R Reibungskraft

$$\mu = \tan \varphi = \frac{F_R}{F_N}$$

Gleichförmige Bewegung

$$s = v \cdot t$$

s	Weg
v	Geschwindigkeit
t	Zeit

Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Bewegung

Tafel 6.1.1. Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Bewegung ($v_0 = 0$)

a in m/s^2	s in m	v in m/s	t in s
$\frac{v}{t}$	$\frac{v \cdot t}{2}$	$\sqrt{2 \cdot a \cdot s}$	$\frac{v}{a}$
$\frac{2 \cdot s}{t^2}$	$\frac{a \cdot t^2}{2}$	$a \cdot t$	$\sqrt{\frac{2 \cdot s}{a}}$
$\frac{v^2}{2 \cdot s}$	$\frac{v^2}{2 \cdot a}$	$\frac{2 \cdot s}{t}$	$\frac{2 \cdot s}{v}$

Tafel 6.1.2. Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Bewegung ($v_0 \neq 0$)

a in m/s^2	s in m	v in m/s	v_0 in m/s	t in s
$\frac{v - v_0}{t}$	$\frac{v + v_0}{2} \cdot t$	$v_0 \pm a \cdot t$	$v \pm a \cdot t$	$\frac{v - v_0}{a}$
$\frac{2(s - v_0 \cdot t)}{t^2}$	$v_0 \cdot t \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$	$s \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$	$s \pm \frac{a \cdot t^2}{2}$	$\frac{2 \cdot s}{v + v_0}$

6.2. Gesetzmäßigkeiten am Gewehrmechanismus

6.2.1. Gewehrlauf und Patronenzieher

Lage der Seelenachsen bei Doppelläufen

$$a = \frac{L \cdot b}{L - l}$$

$$b = \frac{a \cdot (L - l)}{L}$$

$$L = \frac{a \cdot l}{a - b}$$

$$l = \frac{L \cdot (a - b)}{a}$$

Zugspannung im Laufwerkstoff

$$\sigma_z = \frac{d}{D - d} \cdot p_{\max}$$

$$p_{\max} = \frac{D - d}{d} \cdot \sigma_z$$

$$D = \frac{p_{\max} + \sigma_z}{\sigma_z} \cdot d$$

$$d = \frac{\sigma_z}{p_{\max} + \sigma_z} \cdot D$$

Kaliber für Flintenläufe

$$d = \frac{42,5}{\sqrt[3]{\text{Zahlenwert der Kal.-Bezeichnung}}}$$

d in mm

$$\text{z.B. } \sqrt[3]{10} = 2,16,$$

$$\sqrt[3]{12} = 2,29,$$

$$\sqrt[3]{16} = 2,52,$$

$$\sqrt[3]{20} = 2,71$$

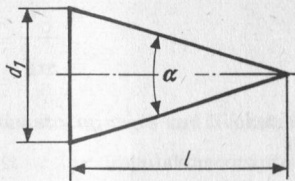


Bild 6.2.1
Kegel

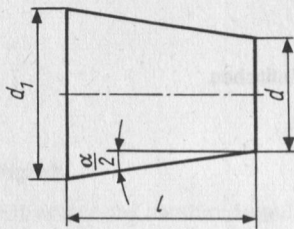


Bild 6.2.2
Kegelstumpf

Steigungsverhältnis

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{d_1}{2 \cdot l} \quad \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{d_1 - d}{2 \cdot l}$$

α Drallwinkel

Dralllänge

$$l_{Dr} = \frac{\pi \cdot d}{\tan \alpha} \quad \tan \alpha = \frac{a}{l}$$

$$l_{Dr} = \frac{\pi \cdot d \cdot l}{a}$$

l_{Dr} Dralllänge
 d Kaliber

Weg des Patronenziehers

$$s = 1,1 \cdot r \cdot \sin \alpha$$

Mischungsrechnung für Lote

$$m_1 \cdot p_1 + m_2 \cdot p_2 = (m_1 + m_2) \cdot p$$

6.2.2. Gewehrverschluß

Belastung der Verschlußteile bei Doppelschuß

Keileintritt vorn

$$\sigma_{dw} = 0,054 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Keileintritt hinten

$$\sigma_{dh} = 0,027 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Scharnierstift

$$\sigma_{z \text{ zul}} \leq 0,019 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

$$\tau_a = 0,015 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Laufhaken

$$\sigma_{z \text{ zul}} \leq 0,011 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

$$\sigma_l = 0,022 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Verschlußstift

$$\sigma_{z \text{ zul}} \leq 0,01 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

$$\tau_a = 0,008 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Verlängerte Laufschiene

$$\sigma_{z \text{ zul}} \leq 0,007 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

$$\sigma_l = 0,013 \cdot D^2 \cdot p_{\max}$$

Weg des Verschlußkeils

$$s = R \cdot \sin \alpha$$

Weg des Verschlußstifts

$$a = 2,1 \cdot R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

6.2.3. Gewehrschloß

Entzündungsarbeit am Zündhütchen

$$W = F_G \cdot h$$

Energie der Schlagfeder

$$W = 1,3 \cdot F_G \cdot h$$

$$W = \frac{F_2 + F_1}{2} \cdot s \quad \text{mit } D = \frac{F_2 - F_1}{s} \longrightarrow s = \frac{F_2 - F_1}{D}$$

$$W = \frac{F_2^2 - F_1^2}{2 \cdot D}$$

6.3. Grundgesetze der Ballistik

6.3.1. Innenballistik

Pulverenergie

$$W = 4187 V_W$$

W	V _W
J	kJ

Verbrennungswärme

$$V_W = H \cdot m$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{W_{\text{Geschöß}}}{W_{\text{Pulver}}}$$

$$\eta = \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2 \cdot 4187 \cdot H \cdot m} \approx \frac{m_1 \cdot v_o^2}{8400 \cdot H \cdot m}$$

Bewegung des Geschosses im Lauf

$$v_o = \sqrt{\frac{2s \cdot (A \cdot p_G - F_R)}{m_1}}$$

$$s = \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2 \cdot (A \cdot p_G - F_R)}$$

$$m_1 = \frac{2s \cdot (A \cdot p_G - F_R)}{v_o^2}$$

$$p_G = \frac{1}{A} \cdot \left(\frac{m_1 \cdot v_o^2}{2s} + F_R \right)$$

$$A = \frac{1}{p_G} \cdot \left(\frac{m_1 \cdot v_o^2}{2s} + F_R \right)$$

$$F_R = A \cdot p_G - \frac{m_1 \cdot v_o^2}{2s}$$

m_1 Geschößmasse + halbe Pulvermasse

F_R Geschößreibungskraft im Lauf

Geschoßrotation

$$n = \frac{v_o}{l_{Dr}}$$

Rückstoßenergie und Rückstoßgeschwindigkeit

mit erster Impulskomponente

$$W_R = \frac{m_2 \cdot v_R^2}{2} = \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 m_2}$$

$$v_R = \frac{m_1 \cdot v_o}{m_2}$$

$$v = \frac{m_2 \cdot v_R}{m_1}$$

mit erster und zweiter Impulskomponente

$$W_R = \frac{m_2 \cdot v_R^2}{2} = \frac{m_1^2 \cdot (1,2 \cdot v_o)^2}{2 m_2}$$

$$v_R = \frac{m_1 \cdot 1,2 \cdot v_o}{m_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot W_R}{m_2}}$$

$$v = \frac{m_1 \cdot v_R}{m_1 \cdot 1,2} = \sqrt{\frac{m_2 \cdot 2 W_R}{m_1^2 \cdot 1,2^2}}$$

6.3.2. Außenballistik

Schuß nach oben (ohne Berücksichtigung des Luftwiderstands)

$$0 < \alpha < 90^\circ$$

Steigzeit

$$t_{St} = \frac{v_o \cdot \sin \alpha}{g}$$

Flugzeit

$$t_{max} = 2 \cdot t_{St} = \frac{2 \cdot v_o \cdot \sin \alpha}{g}$$

Scheitelhöhe

$$s_{y \max} = \frac{v_o^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

Schußweite

$$s_{x \max} = \frac{v_o^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

Augenblickswerte

Flughöhe

$$s_y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{g \cdot t^2}{2}$$

Flugweite

$$s_x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha$$

Querschnittsbelastung

$$\sigma_{QB} = \frac{m \cdot g}{A} \quad \text{oder} \quad \sigma_{QB} = \frac{F_G}{A}$$

Verzögerung durch den Luftwiderstand

$$a = \frac{\sigma_L \cdot g}{\sigma_{QB}} \quad \text{oder} \quad a = \frac{F_L}{m_1}$$

Geschwindigkeitsmessung nach Boulengé (unkorrigiert)

$$v_m = \sqrt{\frac{g \cdot s^2}{2h}} \approx \frac{2,22 \cdot 2}{\sqrt{h}}$$

Machscher Kegel (Bild 4.3.4)

$$\sin \alpha = \frac{v_s}{v}$$

v_s Schallgeschwindigkeit

v Geschwindigkeit

Schrotschußbeurteilung

$$v_{sch} = \frac{3 \cdot i}{a}$$

6.4. Maßeinheiten-Umrechnungstabellen

Tafel 6.4.1. Arbeit - Energie

	$N \cdot m; J; W \cdot s$ $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	$kW \cdot h$	(kcal)	($kp \cdot m$)
$N \cdot m; J; W \cdot s$ $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	1	$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,239 \cdot 10^{-3}$	0,102
$kW \cdot h$	$3,6 \cdot 10^6$	1	860	$0,367 \cdot 10^6$
(kcal)	4187	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1	427
($kp \cdot m$)	9,81	$2,72 \cdot 10^{-6}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$	1

Tafel 6.4.2. Leistung

	W $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$	kW	(PS)	($kp \cdot m \cdot s^{-1}$)
W $kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$	1	10^{-3}	$1,36 \cdot 10^{-3}$	0,102
kW	10^3	1	1,36	102
(PS)	736	0,736	1	75
($kp \cdot m \cdot s^{-1}$)	9,81	$9,81 \cdot 10^3$	0,0133	1

Tafel 6.4.3. Druck

	Pa; $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	bar	Torr	Technisch (at $\text{kp} \cdot \text{cm}^{-2}$)	Physikalisch (atm)
Pa; $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	1	10^{-5}	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$0,987 \cdot 10^{-5}$
bar	10^5	1	750	1,02	0,987
Torr	133	$1,33 \cdot 10^{-5}$	1	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$
(at $\text{kp} \cdot \text{cm}^{-2}$)	$0,981 \cdot 10^5$	0,981	1,013	1	0,968
(atm)	$1,013 \cdot 10^5$	1,013	760	1,033	1

Kraft: 1 kp = 9,80665 N; 1 N = 0,10197 kp

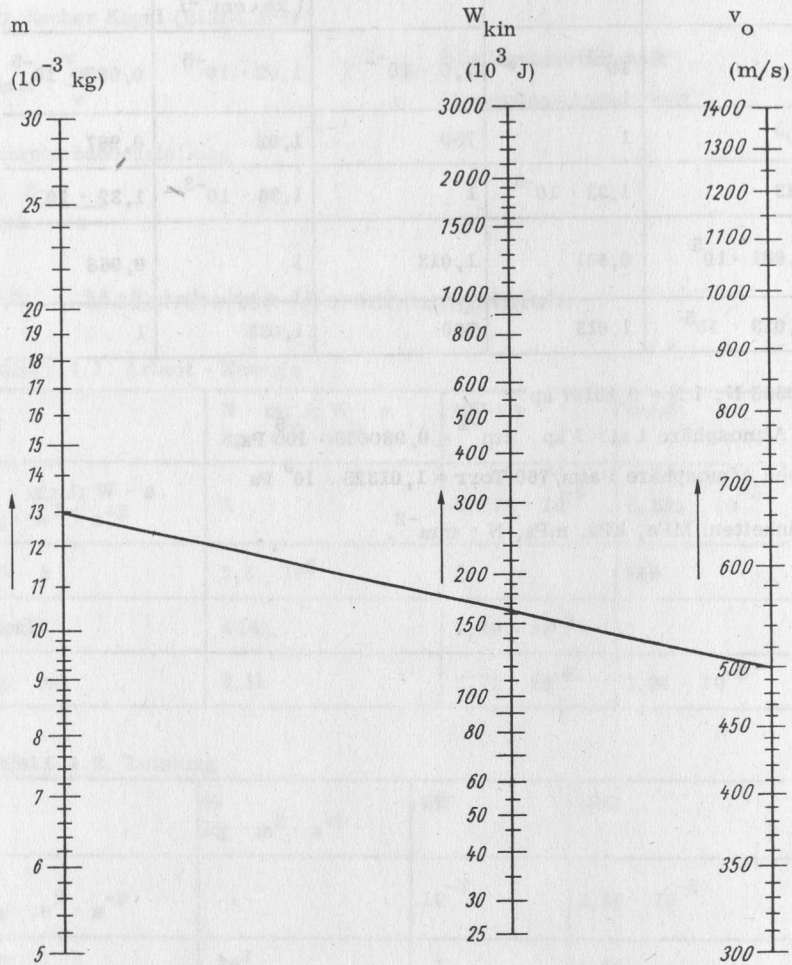
at: technische Atmosphäre 1 at = $1 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2} = 0,980665 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

atm: physikalische Atmosphäre 1 atm/760 Torr = $1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Weitere übliche Einheiten: MPa, kPa, mPa, $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$.

6.5. Nomogramme

Tafel 6.5.1. Kinetische Energie (Geschoßenergie)

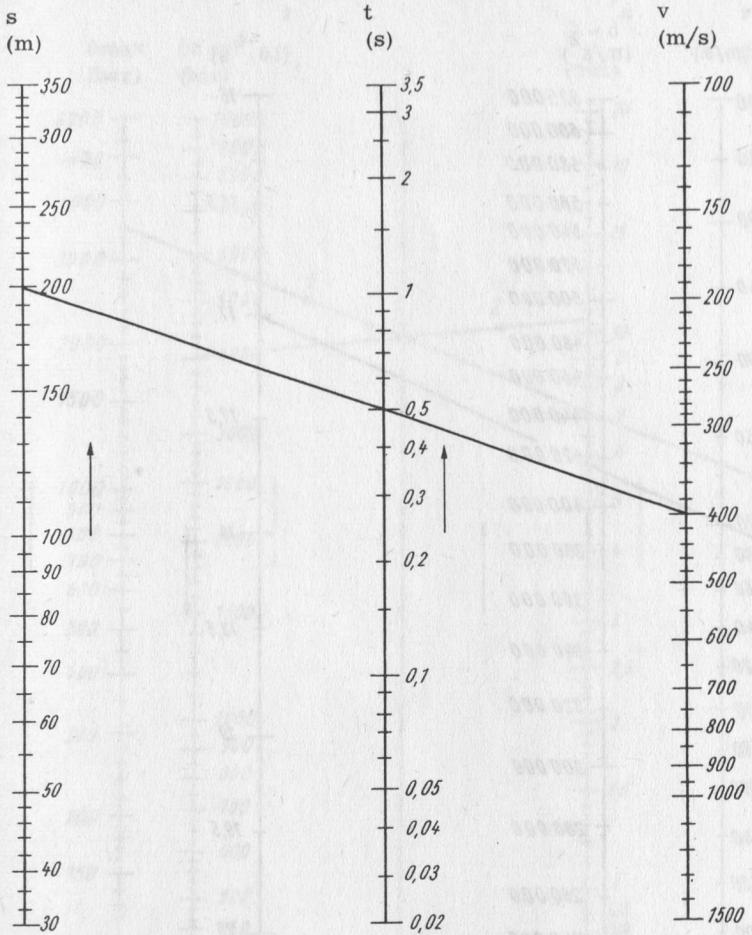


Beispiel

$$W_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v_o^2}{2} = \frac{13 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 500^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2} = 1625 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$W_{\text{kin}} = 1625 \text{ J}$$

Tafel 6.5.2. Gleichförmige Bewegung

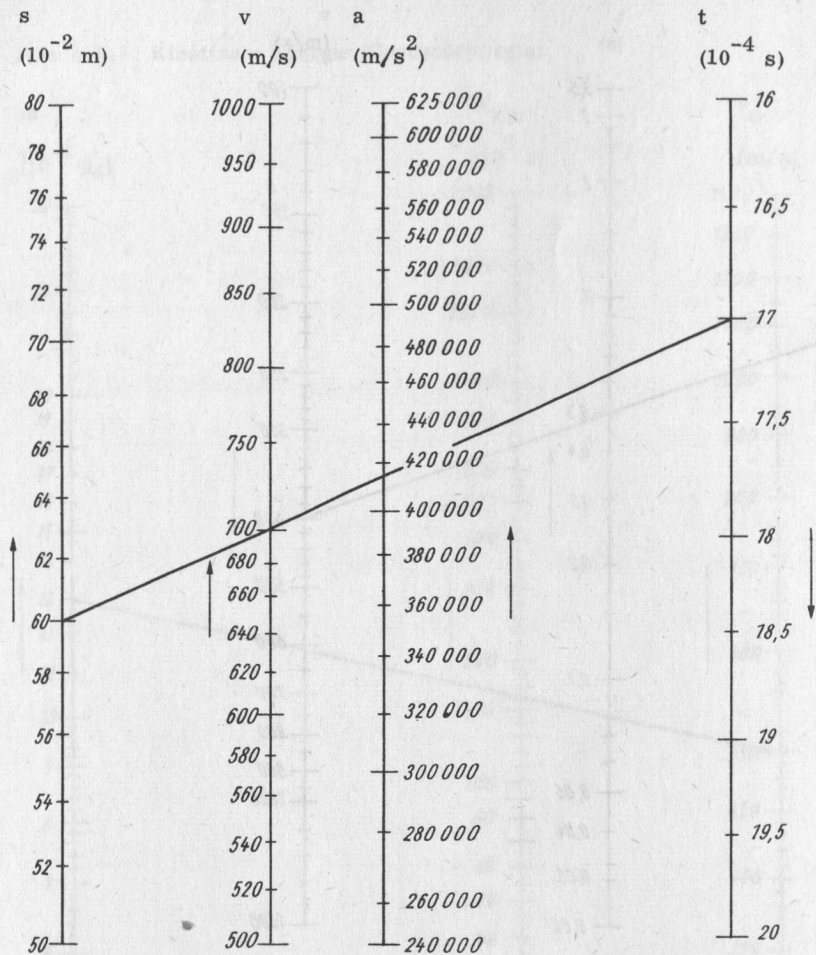


Beispiel

$$v = \frac{s}{t} = \frac{200 \text{ m}}{0,5 \text{ s}}$$

$$v = 400 \text{ m/s}$$

Tafel 6.5.3. Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Bewegung ($v_0 = 0$)

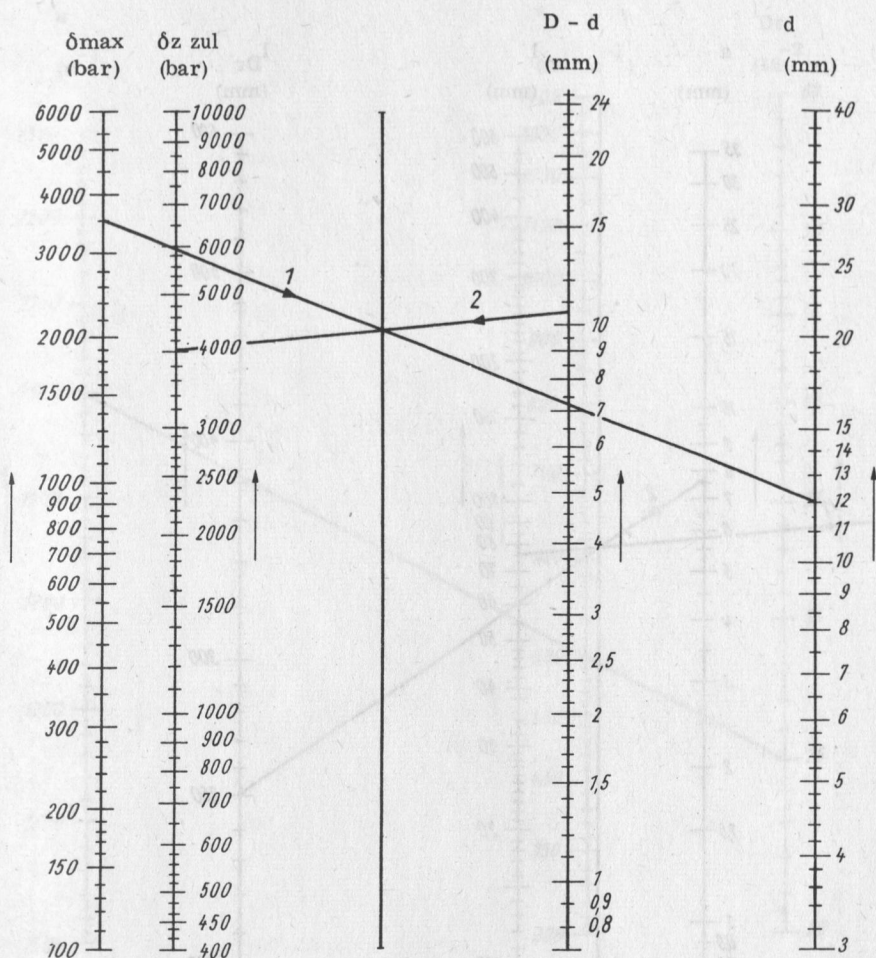


Beispiel

$$a = \frac{v}{t} = \frac{700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{17 \cdot 10^{-4} \text{ s}} \approx 412 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$$

$$s = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{700 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 17 \cdot 10^{-4} \text{ s}}{2} \approx 0,6 \text{ m} \approx 60 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Tafel 6.5.4. Zugspannung im Laufwerkstoff



σ_{max} maximale Gebrauchsspannung

σ_{z zul} zulässige Zugspannung

D Laußendurchmesser

d Laufinnendurchmesser

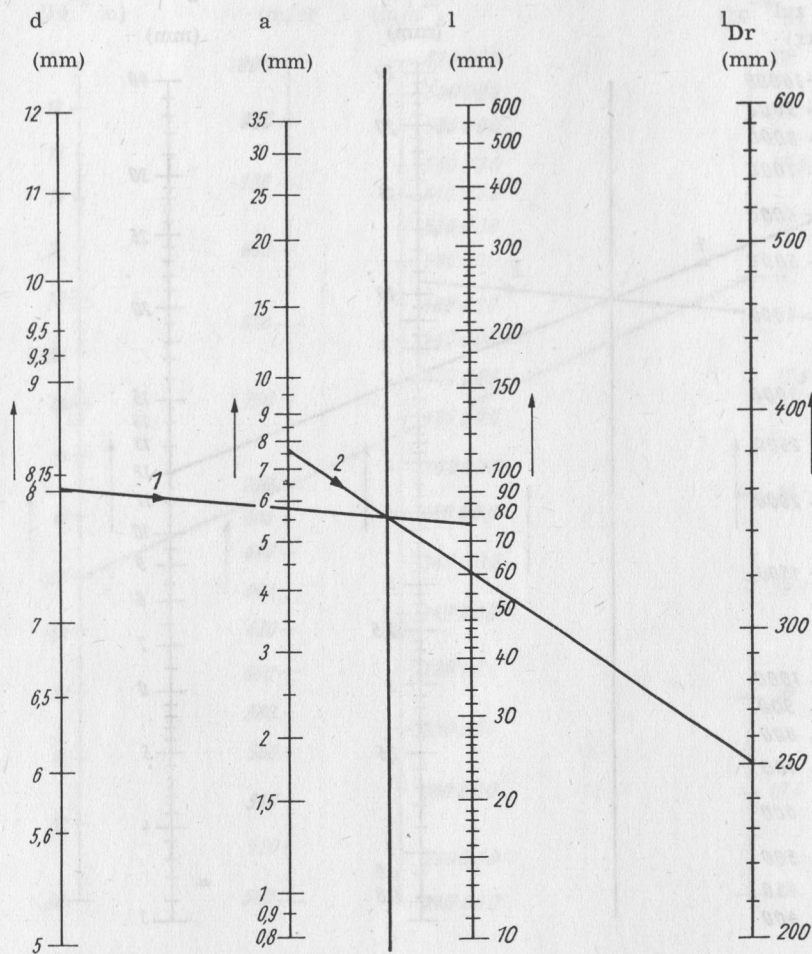
σ_z Zugbelastung des Werkstoffs

Beispiel

Gegeben: d = 12 mm; D = 22,5 mm.

$$\sigma_{z \text{ zul}} = \frac{\sigma_{\text{max}} \cdot d}{D - d} = \frac{3500 \text{ bar} \cdot 12 \text{ mm}}{(22,5 - 12) \text{ mm}} = 4000 \text{ bar}$$

Tafel 6.5.5. Drall im Gewehrlauf



d Laufbohrung

l_{Dr} Dralllänge

l Länge des Laufabschnitts

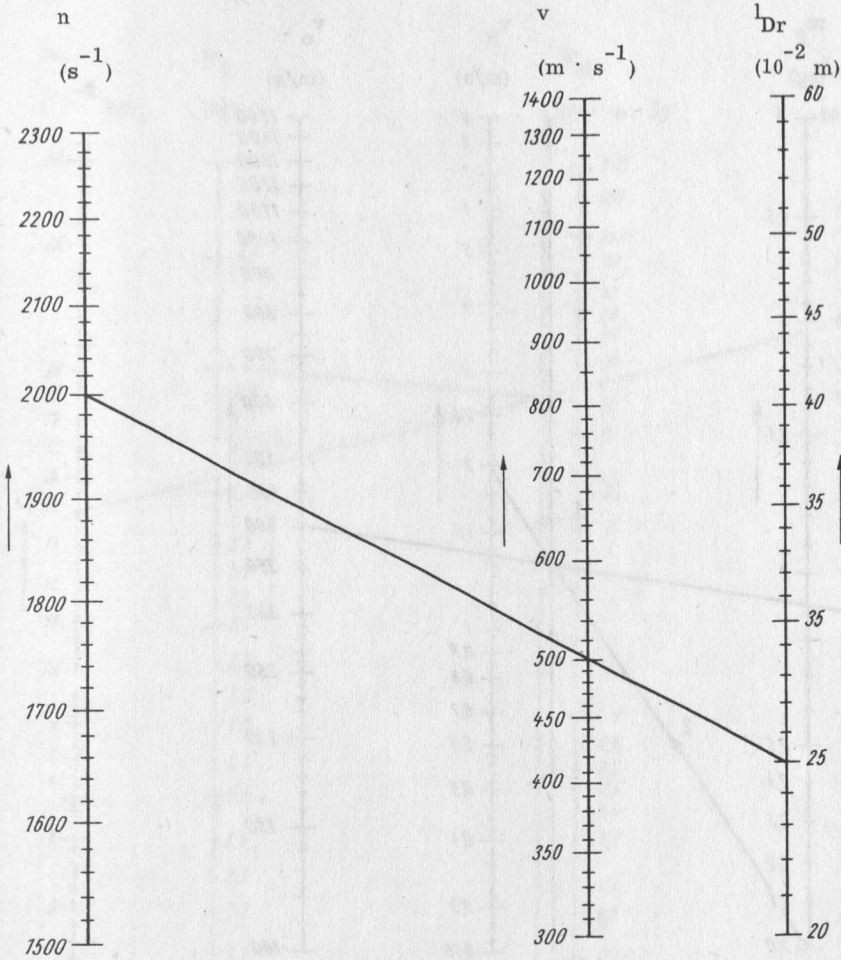
a Zugwindung im Laufabschnitt

Beispiel

$$l_{Dr} = \frac{d \cdot \pi \cdot l}{a} = \frac{8 \text{ mm} \cdot 3,14 \cdot 75 \text{ mm}}{7,5 \text{ mm}} ;$$

$$l_{Dr} = 251 \text{ mm}$$

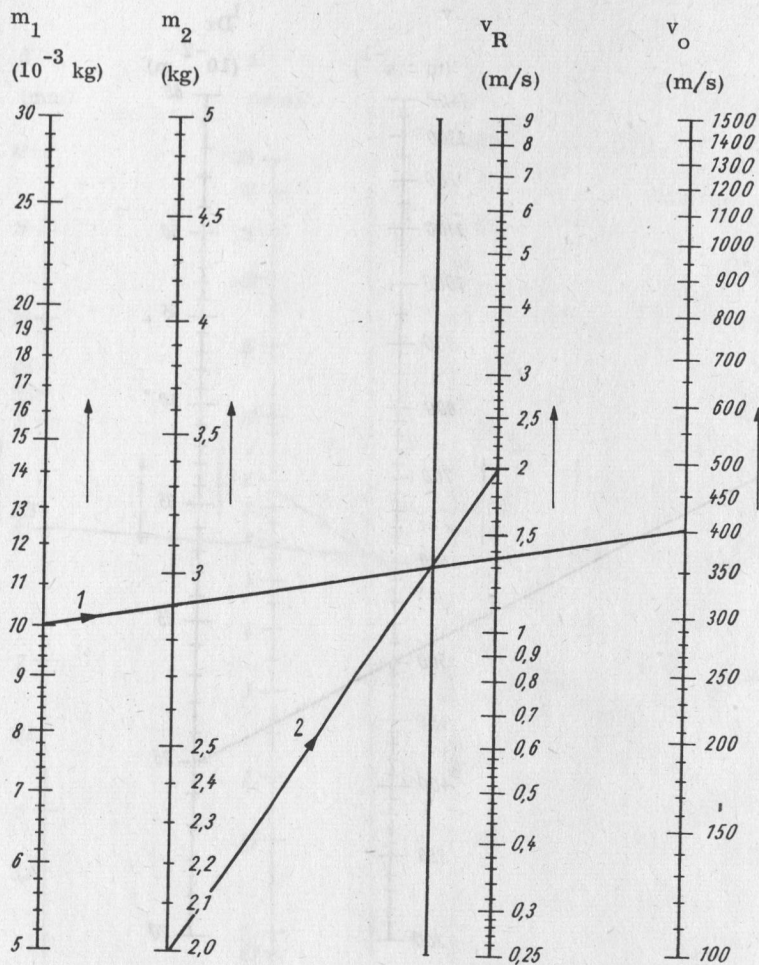
Tafel 6.5.6. Geschößrotation



Beispiel

$$n = \frac{v_o}{l_{Dr}} = \frac{500 \cdot m \cdot s^{-1}}{25 \cdot 10^{-2} m} ; \quad n = 2000 s^{-1}$$

Tafel 6.5.7. Rückstoßgeschwindigkeit



m_1 Geschoßmasse + halbe Pulvermasse

m_2 Gewehrmasse

v_R Rückstoßgeschwindigkeit

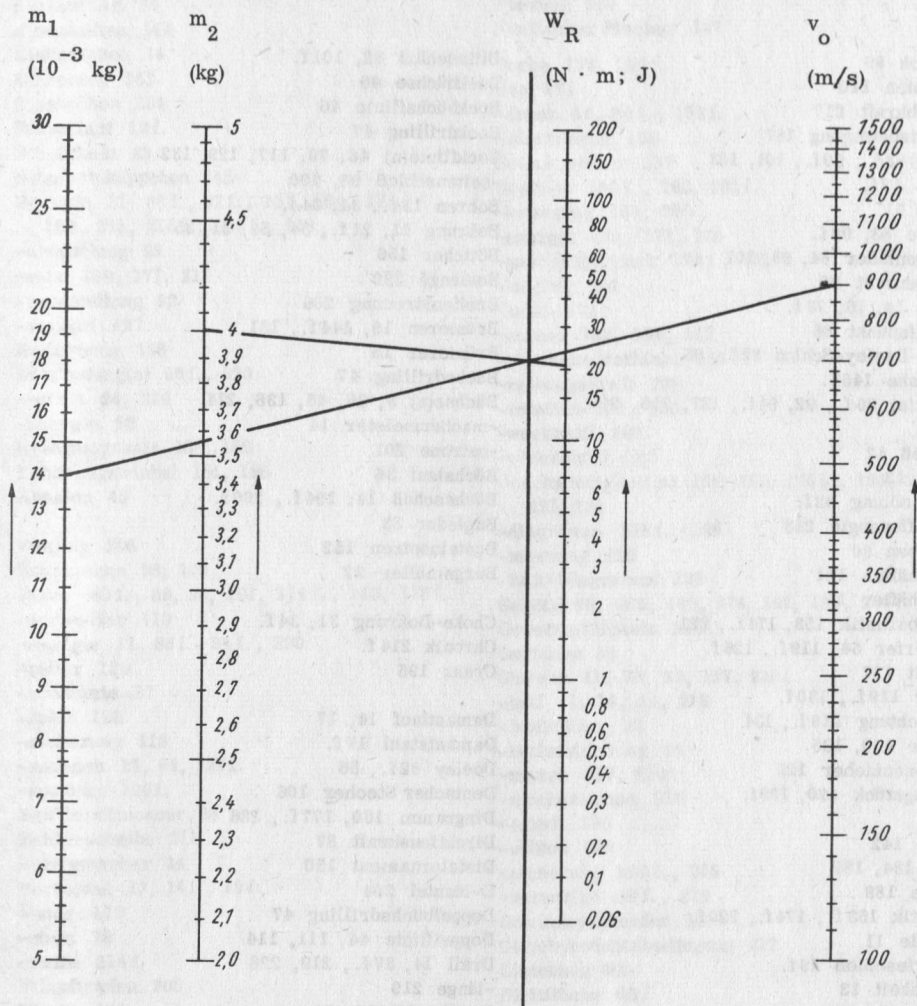
v_o Geschoßgeschwindigkeit

Beispiel

$$v_R = \frac{m_1 \cdot v_o}{m_2} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 400 \text{ m/s}}{2 \text{ kg}};$$

$$v_R = 2 \text{ m/s}$$

Tafel 6.5.8. Rückstoßenergie



m_1 Geschossmasse + halbe Pulvermasse

m_2 Gewehrmasse

v_o Geschossgeschwindigkeit

W_R Rückstoßenergie

Beispiel

$$W_R = \frac{m_1^2 \cdot v_o^2}{2 \cdot m_2} = \frac{(14 \cdot 10^{-3})^2 \text{ kg}^2 \cdot 900^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{2 \cdot 4 \text{ kg}} \approx 20 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$W_R \approx 20 \text{ N} \cdot \text{m};$$

$$W_R \approx 20 \text{ J}$$

Sachwörterverzeichnis

Abdruck 89
 Abrichten 140
 Abtriebkraft 217
 Abwärtsbewegung 187
 Abzug 83 f., 90 f., 101, 103
 -blech 12 f.
 -kraft 91
 -stange 83, 90 f.
 -stangenfeder 84, 98, 101
 -stangenrast 92
 Achse 14, 16, 73 f.
 Angriffspunkt 85
 Anson-Deeley-Schloß 82 f., 86
 Arabeske 145 f.
 Arbeit(s) 86 f., 92, 94 f., 127, 216, 220, 222
 -prozeß 12
 -stufe 13
 -umwandlung 92 f.
 Auftreffenergie 213
 Ausheben 90
 Ausschäften 141
 Ausschäfter 14
 Außenballistik 153, 174 f., 221
 Auswerfer 54, 119 f., 126 f.
 -arbeit 127
 -feder 119 f., 130 f.
 -einrichtung 119 f., 134
 -krallen 130, 135
 -patronenzieher 120
 -schlagstück 120, 122 f.

 Backe 142
 Bahn 184, 189
 -kurve 189
 Ballistik 153 f., 174 f., 220 f.
 Basküle 11
 Batterieschloß 79 f.
 Baueinheit 13
 Baumwolle 156
 Bedingung 217
 Beisner 22
 Belastung 40, 66 f., 70 f., 189 f., 219, 221
 Berthollet 80
 Beschleunigung(s) 161, 216
 -arbeit 161, 216
 Beschuß 26 f.
 -zeichen 27 f.
 Beurteilung 210, 222
 Bewegung(s) 187, 192, 208, 217 f., 220, 225
 -übertragung 62
 Bezeichnung 14
 Bild 195
 Blech 12 f., 98, 101

Blitzschloß 82, 101 f.
 Bockbüchse 46
 Bockbüchsenflinte 46
 Bockdrilling 47
 Bockflinte(n) 46, 79, 117, 129, 132
 -seitenschloß 98, 100
 Bohren 11 f., 31, 34 f.
 Bohrung 11, 21 f., 34, 59, 31, 35
 Böttcher 156
 Boulengé 222
 Breitenstreuung 209
 Brünieren 19, 144 f., 151
 Brünierer 15
 Büchdrilling 47
 Büchse(n) 9, 36, 46, 136, 214
 -machermeister 14
 -patrone 201
 Büchslauf 36
 Büchsschuß 14, 194 f., 200 f.
 Bugfeder 83
 Bunteinsetzen 152
 Burgsmüller 22

 Choke-Bohrung 31, 34 f.
 Chronik 214 f.
 Cranz 196

Damastlauf 14, 17
 Damaststahl 17 f.
 Deeley 82 f., 86
 Deutscher Stecher 106
 Diagramm 160, 177 f., 186
 Direktionskraft 87
 Distelornament 150
 D-Mantel 204
 Doppelbüchdrilling 47
 Doppelflinte 44, 111, 114
 Drall 14, 37 f., 219, 228
 -länge 219
 Drehen 12, 16, 24
 Drehmoment 85, 123
 Dreifacher Stecher 106
 Dreyse 59, 80, 215
 Drilling(s) 47
 -schloß 101
 Druck 89, 159 f., 223
 -feder 129
 -kraft 40
 Durchmesser 38
 Durchschlagwirkung 200
 Dynamik 216

Einabzug 103
 Einheitspatrone 215

Einlaufflinde 44, 110f.
 Einpassen 141
 Einrasten 86
 Einrastzeit 86
 Einschäften 141
 Einschließen 14
 Einsetzen 152
 Einstechen 104
 Einzellauf 12f.
 Einzirkeln 23
 Elfenbeinkäppchen 145
 Energie 11, 86f., 92f., 167, 169, 171,
 189, 213, 216f., 220f., 231
 -ermittlung 93
 -satz 169, 171, 217
 -umwandlung 92
 -verlauf 127
 Entfernung 198
 Entzündung(s) 92f., 220
 -arbeit 94, 220
 -energie 93
 Erhaltungssatz 166, 169
 Erhöhungswinkel 184, 186
 Erosion 43

 Faltung 206
 Fangstange 98, 100
 Feder 83f., 89, 98, 101, 111f., 119, 129f.
 -auswerfer 119
 -energie 11, 86f., 94f., 220
 -heber 120
 -konstante 87
 -kraft 122
 -sicherung 118
 -spannen 11, 84, 120f.
 -spanner 120f.
 Felddurchmesser 38
 Felderscheibe 211
 Fertigmacher 14
 Fertigung 17, 14f., 19f.
 Feuer 172
 -stein 78
 -waffe 214f.
 Filzpfropfen 205
 Firnis 141
 Fischhaut 141
 Fläche 63f., 163
 Flint 31, 78
 Flinte(n) 9, 44, 46, 97, 110f., 114, 117,
 129, 132
 -lauf 31, 40, 49
 -patrone 206
 -schuß 205
 -seitenschloß 100
 -stein 214
 Flug 14, 181, 184, 188f., 221
 -bahn 184, 189
 -bahnkurve 189
 -höhe 221
 -parabel 181, 188
 -stabilität 14
 -weite 221
 -zeit 181, 184, 221

Formelsammlung 216f.
 Formschneiden 141
 Fräsen 12
 Führung 204
 Fünffacher Stecher 107

 Garbe 173, 209f.
 Gas 171
 -druck 40, 60f., 159f.
 Gelatinieren 156
 Gelenkgewehr 137
 Geschoß 161f., 193, 201f.
 -bewegung 187, 220
 -energie 169, 171, 224
 -geschwindigkeit 176f., 193
 -kaliber 204
 -knall 172
 -masse 162, 191, 217
 -querschnittsfläche 163
 -reibungskraft 220
 -rotation 221, 229
 -werkstoff 203
 -widerstand 163
 Geschwindigkeit(s) 160, 162, 176f., 193, 217
 221, 230
 -diagramm 178f., 186
 -messung 222
 -Zeit-Diagramm 186
 Gesetz 96, 166, 169, 174, 187, 192, 216f.
 Gesetzmäßigkeit 218
 Gestänge 31
 Gewehr 11, 78, 82, 137, 214f.
 -lauf 11, 14, 44, 218
 -laufbohrer 21
 -laufverbindung 44
 -masse 217, 220
 -mechanismus 218
 -schaft 136
 -schloß 220
 -sicherung 109f., 215
 -verschluß 59f., 219
 Gewindeschneiden 12
 Gleichgewichtsbedingung 217
 Gleichung 91
 Gleitfläche 63f.
 Gleitreibung 43, 217
 Graveur 14
 Gravieren 144
 Gravur 145f.
 Greener 13, 59, 61, 64, 110
 -Ring 64
 -Schiene 13, 61
 -Sicherung 110
 -Stift 64
 -Verschluß 59
 Griff 142

 Hahnschloß 78f., 215
 -gewehr 215
 Häkchen 104
 Haken 13, 72, 214
 -belastung 72
 -büchse 214
 -stück 13

Hämmern 24f., 31
 Handbüchse 36
 Handfeuerwaffe 214f.
 Hangabtriebkraft 217
 Hartlot 49f.
 -fläche 49
 -verbindung 50
 Haut 141
 Hebel 11, 61f., 69, 83, 85, 98, 101, 123, 128
 -gesetz 96
 -ring 61f.
 -welle 69
 Hinterladegewehr 215
 Hinterschaft 12f.
 Höhe 221
 Holland-Holland-Auswerfer 119f.
 Holz 138f.
 H-Mantel 203
 Honen 24
 Hubarbeit 216
 Hülse 32, 125, 134, 204
 Hydrodynamische Wirkung 200
 Impulserhaltungssatz 166, 169, 217
 Impulskomponente 166f., 221
 Indikator 160
 Innenballistik 153f., 220

Jagd 9
 -gewehr 11
 -gravur 145f.
 -waffenmechaniker 14

Kaliber 9, 32, 38, 204, 218
 Kalthämmern 25
 Kantel 12
 Kegel 175, 219, 222
 -stumpf 219
 Keil 69f., 219
 -weg 219
 Kette 98
 Kiefuß 78
 Kinetische Energie 189, 224
 Kipplaufgewehr 11, 82
 Kleinteil 12f.
 Knall 172
 -büchse 36
 -quecksilber 157
 Komponente 166f., 221
 Konstante 87
 Korn 207f.
 -masse 207
 Körnerzahl 207
 Korrosion 43
 Kraft 40, 53, 60f., 71, 85, 87, 90f., 122,
 132, 135, 161, 166f., 190, 216f., 220
 Kralle 130, 135
 Kreis 195f.
 Kreuzschraube 141
 Kugel 36, 56f., 102
 -lauf 36
 -patronenzieher 56f.
 -schloßspannung 102

Kurve 189
 Kurzzeitmesser 189

Lack 141
 Lackieren 141
 Ladung 172
 Lager 11, 14, 32, 39
 Lauf 11f., 31, 36, 40, 44, 48f., 218
 -bohrung 11, 21, 59
 -fertigung 14, 19
 -fräseerei 12
 -hakenbelastung 72
 -länge 32, 162
 -mündung 172f.
 -prüfung 26
 -querschnitt 41
 -richter 23
 -schlosser 14
 -schwingung 194
 -verbindung 44, 49
 -werkstoff 40
 Lehrzeit 14
 Leistung 196f., 216, 222
 Lochleibung 67, 72f.
 Lot 49f.
 Luft 174f., 190f., 210
 -dichte 176
 -temperatur 176
 -widerstand 174f., 190f., 210
 Lunte(n) 77, 214
 -gewehr 214
 -schloß 77, 214

Machscher Kegel 175, 222
 Mantel 203f.
 Maserung 19, 139
 Maß 136f.
 -einheit 222
 Masse 92, 162, 191, 207, 215f., 220
 -behafteter Punkt 178f.
 -loser Punkt 177f.
 -mittelpunkt 174f.
 Mechanik 216
 Mechaniker 14
 Mechanismus 60, 84, 218
 Mehrfachstecher 106
 Meßgerät 92
 Messung 192f., 222
 Metallhülse 206
 Mischungsrechnung 219
 Momentengleichung 91
 Mönchsbüchse 214
 Mündung(s) 36, 172f.
 -feuer 172
 -geschwindigkeit 217
 -knall 172
 Muskete 215

Nadel 78, 107, 215
 -gewehr 215
 -stecher 78, 107, 215
 Newton 174
 Nitrozellulose 156

- Nomogramm 224 f.
- Normalisieren 21
- Normalmaß 138
- Oberfläche 144 f.
- Ornament 150
- Parabel 181, 188
- Patrone(n) 32, 39, 157, 201, 205 f., 215
- hülse 125, 134
- lager 11, 14, 32, 39
- zieher 51 f., 120, 125, 130, 218
- zieherweg 219
- Perkussion(s) 80 f., 215
- schloß 80 f.
- zündung 80, 215
- Pfanne 31
- Pfropfen 205, 207
- Piezo-Indikator 160
- Pistolgriff 142
- Plasthülse 206
- Plastikpfropfen 207
- Polieren 141, 144
- Polierer 14
- Poliererei 12
- Posten 31
- Pulver 154 f., 160, 205, 214
- energie 171, 217, 220
- gas 171
- Pressführung 204
- Prüfung 26
- Punkt 85, 174 f., 177 f., 194 f.
- schuß 14
- Quecksilber 157
- Querschnitt(s) 41, 163, 189 f., 221
- belastung 189 f., 221
- Radschloß 77 f., 215
- gewehr 78, 215
- Randfeuerpatrone 157
- Rast 86, 89 f., 92
- zeit 86
- Rauchschwaches Pulver 156
- Räumbank 22
- Räumen 12
- Reiben 16, 22
- Reibung(s) 43, 216 f., 220
- arbeit 216
- kraft 220
- Reparierer 14
- Richten 21, 23, 140
- Ring 61 f., 64
- Rohling 12
- Röhrenvisier 214 f.
- Rotation 221, 229
- Rückstecher 104
- Rückstoß 166
- energie 167, 221, 231
- geschwindigkeit 217, 221, 230
- kraft 166 f.
- Rundschleifen 24
- Sasse 34
- Satz 166, 169, 205, 217
- Schaft 11 f., 73 f., 136 f., 139, 142 f., 150
- arbeit 127, 140 f.
- form 139 f.
- holz 138
- länge 138
- schränkung 138
- senkung 137
- verschneidung 142, 150
- Schäftler 14
- Scharnier 141
- Scheibe 211
- Scheitelhöhe 181, 185, 221
- Schellack 141
- Scherbelastung 66 f.
- Scherspannung 66, 72 f.
- Schieberfeder 111 f., 129
- Schiene 13, 61
- Schießbaumwolle 156
- Schießen 14
- Schießpulver 214
- Schlagfeder 83 f., 89
- energie 93, 220
- sicherung 118
- Schlagstück 11, 83, 89, 98, 101, 120, 122 f.
- rast 89
- Schlagwirkung 200
- Schleifen 12, 16, 24
- Schloß 77 f., 82 f., 98, 100 f., 214 f., 220
- blech 12 f.
- gewehr 214 f.
- macher 14
- mechanismus 84
- schraube 84
- spannung 102
- stangenrast 89
- teil 13, 97 f.
- Schlosser 14
- Schmieden 12, 16, 19
- Schnapper 73 f.
- Schnapphahnschloß 78 f., 215
- Schneiden 12, 141 f.
- Schönbein 156
- Schraube(n) 141
- druckfeder 129
- federauswerfer 119, 129
- linie 37
- Schrot 9, 31, 207 f.
- bewegung 208
- durchmesser 213
- farbe 173, 209
- größe 207
- kennziffer 208
- korn 207 f.
- ladung 172
- patrone 205 f.
- säule 208
- schuß 209
- schußbeurteilung 210, 222
- Schuß 14, 194 f., 200 f., 205, 209, 221
- bild 195
- leistung 196 f.

-verdichtung 212
 -weite 181 f., 221
 Schwalbenschwanz 50
 Schwanzschraube 59
 Schwarz 214
 -pulver 154 f.
 Schwingung 194
 Seelenachse 14, 16
 Seitenschloß 82, 97 f.
 Senkung 137
 Sicherung(s) 109 f., 118, 215
 -falle 112 f.
 -feder 113
 -schieberfeder 111 f.
 Signaleinrichtung 108 f.
 Spannarbeit 86 f., 95
 Spannen 11, 84 f., 120 f.
 Spanner 84, 120 f.
 Spannhebel 83, 85, 98, 101, 123, 128
 Spannschieber 103
 Spannung 102, 218, 227
 Spannzahn 120 f.
 Spitzgeschoß 202 f.
 Splitterwirkung 200
 Sprengwirkung 200
 Stabilität 14
 Stahl 17 f.
 Stange(n) 83, 90 f., 98, 100
 -feder 84, 98, 101
 -rast 92
 -sicherung 114
 Statik 216
 Stauchführung 204
 Stechen 104
 Stecher 78, 104, 106 f., 215
 -einrichtung 104 f.
 -feder 104 f.
 -raststück 104 f.
 -stellschraube 104, 106
 Steigungsverhältnis 219
 Steigzeit 181, 184, 221
 Sternfaltung 206
 Stift 71 f., 64 f., 219
 -weg 219
 Stoßbodenkraft 66, 71
 Streichbrünieren 144 f.
 Streukreis 195 f.
 -durchmesser 210, 213
 Streuung 194 f., 209
 Studel 98
 Symbol 45
 Systemkasten 11

 Tanneberger Büchse 136, 214
 Tauchbrüniervorgang 151
 Technologie 19
 Teilefertigung 12
 Teilmantel-Geschoß 201 f.
 Temperatur 176
 Tiefbohrverfahren 22
 Torsionsschwingung 194
 Treffer 211 f.
 Treffpunkt 194 f.

Übergangskegel 39
 Übersetzungsverhältnis 85

 Verbrennungswärme 220
 Verfahren 22
 Vergüten 21
 Verriegelung 61 f., 69 f.
 Verschuß 11 f., 59 f., 219
 -hebel 11, 61 f., 69
 -keil 69 f., 219
 -keilweg 219
 -stift 61, 64 f.
 -stiftweg 219
 -stück 142
 -teilbelastung 219
 Verzögerung 191 f., 210, 221
 Vierling 48
 Visier 214 f.
 Vögelchen 104
 Vorarbeiten 12
 Vorbeschuß 26
 Vorderschaft 12 f., 73 f.
 Vordrehen 24
 Vorreiben 22

 Waffe 214 f.
 Wärme 220
 Warmhämmern 25
 Weg 125, 187, 219
 -diagramm 177, 179
 -Zeit-Gesetz 187
 Weichlot 49 f.
 Weißfertigkeit 13
 Weite 221
 Welle(n) 69, 98, 101
 -bildung 175
 Werkstoff 19, 25, 40, 203
 Widerstand 163, 174 f., 190 f.,
 210
 Wildbestand 9
 Winkel 184, 186
 Wirkung(s) 200
 -grad 216, 220
 Wolle 156
 Würgebohrung 34

 Zahn 51 f., 120 f.
 Zeit 86, 181, 184, 186 f., 221
 -messer 189, 193
 Zellulose 156
 Zentralfeuerpatrone 157
 Ziehen 31
 Ziehgestänge 31
 Zug 14, 37 f.
 -spannung 218, 227
 Zündhütchen 220
 Zündmasse 92, 215
 Zündmittel 154, 157 f.
 Zündnadelgewehr 215
 Zündsatz 205
 Zündung 80, 92, 215
 Zylinderführung 204