



Schwingungsoptimierung wurde schon vor einem halben Jahrhundert probiert. Oben das präzise Schweizer Sturmgewehr 57, darunter die Knoten am Nachfolger Sturmgewehr 90.

# Laufschwingungen bei Präzisionswaffen

Im zweiten Teil seines Artikels geht Sam H. Goldstein der Frage nach, welche Laufkomponenten die Präzision in welcher Weise beeinflussen können. Dabei räumt er mit vielen alten Thesen auf, die bisher in manchen Schützenkriesen weitergereicht wurden und die jeglicher wissenschaftlichen Grundlage entbehren.

- Text: Sam H. Goldstein
- Fotos: Hans Mosimann
- Illustration: Juri A. Honegger

Zunächst der Einfluss der Temperatur. Läufe heizen sich bekanntlich durch die Schüsse auf. Einerseits durch die Verbrennungsgase in der Hülse und im Lauf, aber auch durch die Reibung der Geschosse an den Feldern und Zügen. Etwas reduzieren kann der Schütze diese Belastung, indem er die leere Hülse nach dem Schuss auswirft, bevor die Hitze das Lager erreicht. Allzuviel bringt das jedoch nicht, genauso wenig, wie der Ruf nach «kälterem» Pulver. Der Unterschied

zwischen sogenannten heissem und kaltem Pulver macht gerade mal 300° Celsius aus, also keine 15 Prozent der maximalen Verbrennungs-Temperatur.

Was jedoch sehr viel ausmacht, ist die Geschwindigkeit, mit der die brennenden Pulverteile durch den Lauf schmirgeln. Es ist eben nicht so, dass die Treibladung mehrheitlich in der Patronen-Hülse verbrennt und die Gase das Geschoss zur Mündung katapultieren. Der grösste Teil wird im Lauf verbrannt und bei den meisten Patronen sogar noch ein Teil davon vor der Mündung. Je schneller die harten, brennenden Pulverteile durch den Lauf schmirgeln, desto eher

wird der Übergangskegel ausgebrannt, die Felder verrunden und die Präzision leidet. Bei Geschossgeschwindigkeiten über 1000 m/s hält ein Lauf nur noch einige hundert Schuss konstante Qualität. Im Bereich um 700 - 800 m/s kann man jedoch mit einigen 10000 Schuss rechnen, bis Qualitätseinbussen merkbar werden. Das ist jedoch auch nur eine totale Einsatzzeit von weniger als einer Minute – bei einer Millisekunde pro Schuss. Allerdings sollte sich niemand beklagen, dass danach ein neuer Lauf für einige hundert Euro fällig wird, denn die verschossene Munition liegt im Bereich von vielen tausend Euro.

## Fluten

Das Fluten der Läufe wird oft als Wundermittel gegen Schwingungen und Hitze propagiert. Einige Hersteller behaupten sogar, dadurch die Läufe leichter und biegesteifer zu machen. Natürlich werden sie leichter – wenn auch nur wenig - wenn man Material wegnimmt. Aber biegesteifer werden sie natürlich nicht. Woher auch? Durch geschickte Anordnung der Flutungen können Schwingungen etwas reduziert werden, obwohl die Masse und damit das Beharrungsvermögen (Massenträgheit) sinkt. Allerdings kauft man sich durch Flutungen ein anderes Problem

ein: Sind diese nicht sehr exakt im selben Abstand und mit exakt gleicher Wanddicke zur Bohrung, verbiegt sich der Lauf bei Erwärmung. Ähnliches passiert auch mit ungünstig angebrachten Alu-Teilen, da Aluminium eine deutlich grössere Ausdehnung bei Wärme hat als Stahl.

Gerade bei zylindrischen oder nur leicht konischen Läufen, die liegend geschossen werden, kann die Treffpunktlage langsam nach oben wandern. Liegt eine Flutung genau unten und wird das Gewehr wenig bewegt, sammelt sich in dieser Kehlung die heisse Luft. Steigt die Wärme über dem Lauf schnell weg, dehnt er sich unten mehr aus und verbiegt sich geringfügig nach oben. Ein paar Bogenminuten sind so erreichbar und drei davon machen auf 300 m rund 10 cm Treffpunktverlagerung aus. Also sollte unten ein Steg und keine Flutung sein. Dann kann die Hitze aufsteigen.

besser abgestrahlt wird, stimmt zwar, aber nur da, wo wirklich gestrahlt wird. Das ist bei Verbrennungsmotoren so – kurz vor der Glut. Gewehr-läufe für sportlichen Einsatz sind jedoch weit von solchen Temperaturen entfernt. Im Innern treten zwar 2000 Grad Celsius für eine Millisekunde auf, aber dagegen hilft der Chromanteil. Was ausser den Lauf genausoviel aufheizen kann wie die Treibladung, ist die Sonneneinstrahlung. Stehen die Waffen während eines Durchganges immer wieder im Gewehrrechen in der prallen



Schnitt durch einen Carbon-Lauf von Christensen Arms. Das Geschoss wird in einem schwingungsoptimierten, nach vorne sehr dünnwandigen Stahl Lauf geführt. Für hohe Steife ist er mit Kohlefasern und Epoxy umhüllt: Die aufwendigste Art, Stabilität bei geringem Gewicht zu erreichen.

## Farbe

Schwarz mag schick aussehen und ist im militärischen Bereich sicher ein Argument. Dass durch dunkle Farbe die Wärme

Sonne, ist deren Einfluss auf die Lauftemperatur höher als der Pulverabbrand.

Dass die Sonneneinstrahlung von hellen Flächen reflektiert, von dunklen jedoch absorbiert

Winters jemand Kaffepulver aus der Espressomaschine auf den Schnee verstreute. Nach zwei Tagen war der Schnee unter dem dunklen Pulver einen Meter tief geschmolzen. Nachdem ich ein



Temperaturmessung im Patronenlager eines hell polierten Laufes bei Sonneneinstrahlung.

wird, ist altbekannt. Richtig bewusst wurde es mir jedoch, als im Gebirge eines

schwarzes Teflonbrett, das in der Sonne getrocknet hatte, vor Schreck fallen liess, aber das weisse Pendant problemlos wegtragen konnte, legte ich zwei neue Läufe in die Mittagssonne. Nach einer Stunde zeigte der Fühler im Patronenlager unglaubliche 58 Grad Celsius beim silbern glänzenden stainless Steel. Das annähernd gleich schwere geflutete mattschwarze Exemplar im selben Kaliber zeigte gut 20 Grad mehr an. Aktuelle Pressemeldungen von wissenschaftlichen Erkenntnissen, dunkle Flächen würden besser vor Sonnenstrahlung schützen, sind Unsinn und deren Publizierung ist lediglich auf die Dummheit einiger Journalisten zurückzuführen.

Nun sind solche Temperaturen für den Stahl kein Problem. Aber Patronen reagieren leider recht empfindlich darauf. Heisses Pulver benötigt weniger Energie, um die Zündtemperatur zu erreichen. Dies kommt der Druckerzeugung zugute. Somit ist bei Hitze die Geschossge-

## ● Physik

schwindigkeit höher, was zu anderen Laufschrägungen und zu einer gestreckteren Flugbahn führt. Also ziehe ich aus verschiedenen Gründen polierte stainless Läufe den schicken schwarzen vor. Im Zielfernrohr stören Reflexe kaum und wenn doch, decke ich sie mit einem Flimmerband ab!

### Lauf richten

Besonders europäische Hersteller schöner Jagdwaffen beschäftigen einen Künstler, der verzogene Läufe wieder gerade biegt. Durch den Stress der Bearbeitung und das Abdrehen der Rohlinge entspannen sich diese etwas unregelmässig. Allerdings ist das recht gering und nur ein geschultes Auge erkennt beim Blick durch die Bohrung, dass die Kreise nicht konzentrisch, sondern leicht oval verlaufen. Von aussen ist meist nichts zu bemerken. Um der Schönheit willen biegt deshalb ein begnadeter Handwerker den Lauf so lange in die Gegenrichtung, bis auch er keine Abweichung von der Geraden mehr ausmachen kann. Ich bewundere solches Können, auch wenn es für die Schussleistung unsinnig ist.

Läufe erreichen erst nach einigen Dutzend Schuss ihr Optimum. Das liegt nicht nur an den

noch etwas rauhen Zügen. Auch die Spannung muss aus dem Material herausgeschossen werden. Durch die heftige Belastung werden Spannungen praktisch herausmassiert. Die abgekürzte Methode wird durch längeres Kühlen erreicht. Ein vorher gerade gerichteter Lauf wird durch Entspannen meist wieder so krumm, wie er mal war, auch wenn dies kaum jemand sieht. Der Laufrichter sorgt also lediglich dafür, dass es länger dauert, bis eine konstante Treffpunktlage erreicht ist.

### Drucksteigerung

In einigen Wiederladebüchern wird immer noch erzählt, dass ein Heraussetzen der Geschosse bis an den Übergangskegel zu gefährlichen Drucksprüngen führen könne. Behauptet wird, wenn das Geschoss anliegen würde, müsse nicht nur die Auszugskraft aus der Hülse, sondern gleichzeitig die Kraft zum Einpressen in die Felder aufgebracht werden. Beide Kräfte würden sich addieren. Die Theorie klingt einleuchtend, aber offensichtlich hat das niemand ausprobiert, denn diese doppelte Komponente ist leider eine Ente:

Die Kraft, die benötigt wird,



Details eines mattschwarz beschichteten, gefluteten Konus-Laufes von SAN unter einem silberfarbenen mit Abstimmung zur Schwingungsoptimierung.

um ein Gewehrgeschoss (ohne Crimp) aus dem Hals zu ziehen, entspricht beim Kaliber .30 (7-8 mm) zuerst maximal 20 kg, die sich innerhalb etwa eines Kalibers – bis das Geschoss herausfällt – auf Null reduziert. Dies geschieht annähernd linear, denn zuerst ist die Reibfläche am höchsten, und parallel zur Fläche, mit der das Geschoss gehalten wird, nimmt der Widerstand ab.

Die Einpress-Kraft in die Felder des Laufes beginnt mit Null und steigert sich innerhalb der Führung von rund 15 mm auf ca. 200 kg. Der Effekt ist zwar nicht linear, da Verformung und Reibung vorliegen, aber sie steigt, bis sie am Geschosheck ihr

Maximum erreicht.

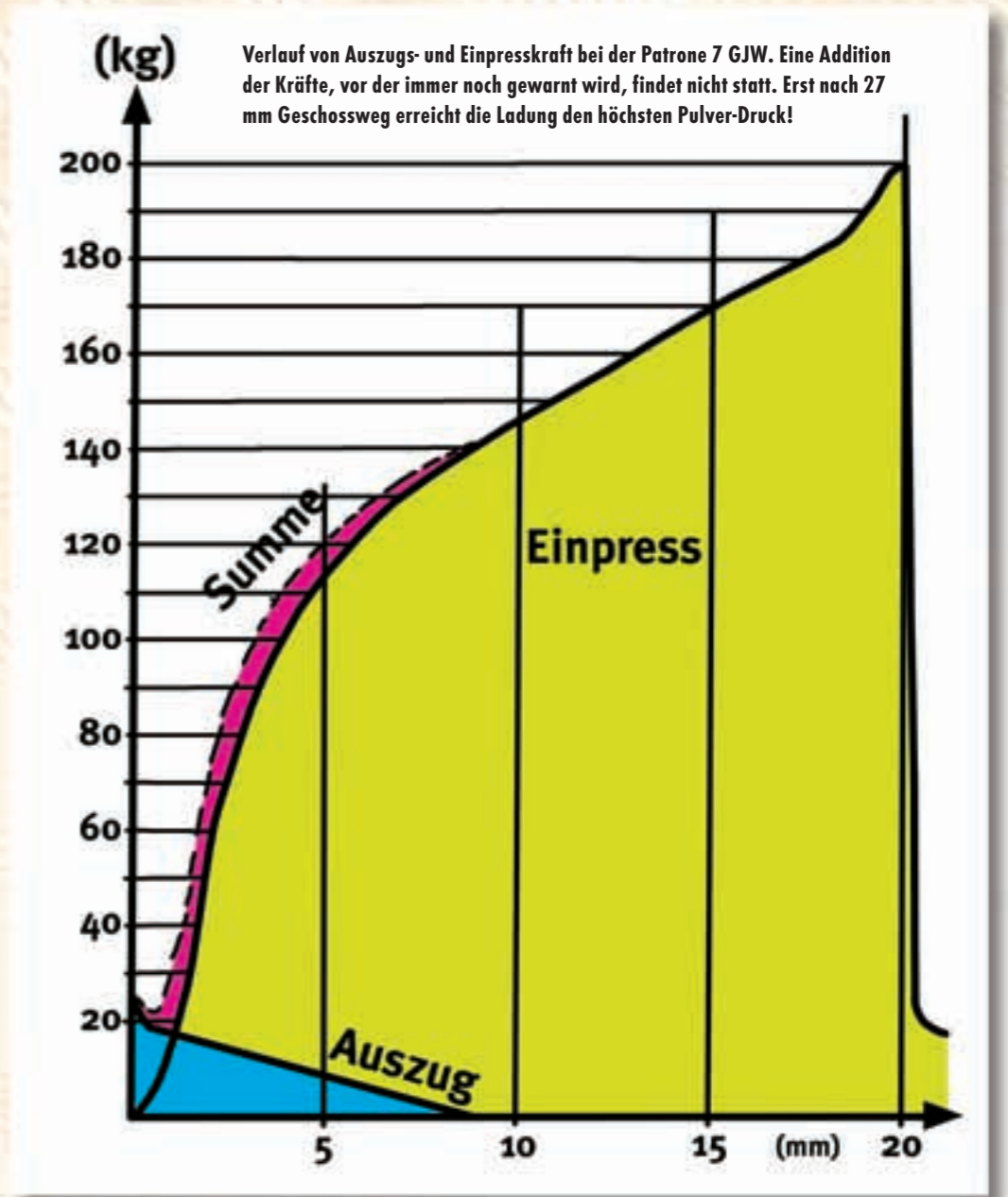
Eine Verdoppelung der Kraft kann somit nicht auftreten, denn die eine fällt ab während die andere erst ansteigt. Auch wenn diese Messungen rein statisch sind, spiegeln sie einigermaßen die Vorgänge beim Schuss. Durch die Massenträgheit des Geschosses ist der Effekt sogar noch günstiger. Der höchste Druck und die höchste Beschleunigung treten nach ca. 3-5 cm Geschossweg auf, und da sind Auszugs- und Einpresskraft schon längst nicht mehr wirksam. Für die Präzision ist ein Anliegen der Ogive an den Feldern im Übergangskonus besser. Dadurch wird das sonst ohne Drall anfahrnde Ge-

schoss nicht wieder abgebremst und zu einer Richtungsänderung durch die Felder gezwungen, sondern beginnt schon beim Anfahren mit der Drehung.

Dass diese Gegenthese mit der Praxis übereinstimmt, zeigten eigene Messungen, aber auch ein Grossversuch des renommierten deutschen Institutes DEVA. Man mass Druck und Geschwindigkeit bei verschiedenen Patronen, bei denen man die Geschosse bis zur Anlage herauszog oder in kleinen Schritten bis zu 6 mm hineindrückte. Natürlich immer bei identischer Ladung. Dabei traten weder die vorhergesagten höheren Drücke, noch Drucksprünge (höhere Streuung) auf, wenn die Geschosse nach vorne bis zur Anlage gesetzt wurden. Das Gegenteil ist der Fall. Wird das Geschoss weiter nach hinten gesetzt, reduziert dies den Brennraum, was wiederum höheren Druck ergibt. Bei der Patrone 7x57 wurde der Maximaldruck beim Anliegen an die Felder um 12,2 Prozent geringer als bei der Fabriklänge. Bei anderen Patronen im Bereich von .222 bis 8x68S war die Reduktion nicht so hoch, sodass Friedhelm Kersting zum Schluss kam, dass: «...setztiefen-abhängige Gasdruckänderungen vernachlässigbar sind!» Also dürfte diese alte Legende nicht nur durch die Logik, sondern auch durch Messungen einer honorigen Institution widerlegt sein. Nun bin ich gespannt, wie lange sie noch in der Wiederlade-Literatur erwähnt wird.

### Silhouette spezial

Gerade bei Waffen fürs Metallsilhouetten-Schiessen (siehe Grundsatzartikel in SWM 2-4/2002) ist eine Laufoptimierung gefragt. Bei den Pistolen und Revolver muss die erlaubte Lauflänge von 10 bzw. 15 Zoll ausgenutzt werden, um genügend Geschwindigkeit zu erreichen. Der schwere Widder steht 200 m entfernt und ist nur durch einen kräftigen Ge-



schoss-Impuls von den Füßen zu werfen. Bei den beiden Gewehr-Disziplinen steht er sogar 500 m entfernt und muss nicht etwa liegend oder kniend, sondern stehend angepeilt werden.

Präzision ist auch gefragt, denn einige Ziele sind nur 2 MOA (Bogenminuten) hoch. Mit einem Benchrest-Gewehr wäre dies kein Problem, aber die erlaubten Waffen-Gewichte liegen in dieser Sportart viel niedriger. Von den maximalen 4,2 bzw. 4,5 kg bleiben nach Abzug eines Zielfernrohrs mit Montage lediglich 3,5 kg übrig. Bei Benchrest entspricht das gerade mal dem Lauf. Die leichten Silhouetten-Läufe verlangen geradezu nach einer Schwingungs-Opti-

mierung. Ideal wäre ein Modell mit einem konischen Jagdlauf für die Hunting-Disziplin und einem optimierten Wechsellauf für die schwere Klasse. Das spart Flugkosten, denn die diesjährige WM findet in Südafrika statt und da zählt zwar nicht jedes Gramm, aber ein eingespartes Gramm schon. In Neuhausen hatte man so etwas geschaffen, aber dann doch nicht ins Programm genommen. Jetzt arbeitet Krico daran.

### Fazit

Wo ein schwerer Bull-Barrel aus Gewichtsgründen nicht eingesetzt werden kann, hilft eine spezielle Laufkontur weiter. Je

weniger Masse eingesetzt werden darf, desto ausgeklügelter muss diese aussehen. Grundlage für ein Optimum bildet die moderne Schwingungsphysik. Dünne Läufe unter Zugspannung zu setzen bringt auch Vorteile, die jedoch durch den notwendigen, stabilen Laufmantel wieder relativiert werden. Ähnlich verhält es sich mit definierten Abstützungen am Vorderenschaft, um Schwingungen abzuweichen.

Es gibt kein Patenrezept für gut schießende Läufe – nur wissenschaftliche Grundlagen, die geschickt kombiniert werden sollten. Dies jedoch beherrschen nur wenige.

SWM

Versuche mit unterschiedlicher, recht extremer Kontur. Obwohl diese Läufe nur maximal 30 Prozent mehr wiegen als der zylindrische, beträgt deren bewegte Masse ein Mehrfaches. Die Streuung ist deshalb weit weniger von der Laborierung abhängig.