

## Über die Verschleissmechanik von Feuerwaffenläufen

### Erfahrungen aus dem Sturmgewehrbau

Nachdem ein Sturmgewehr konstruiert worden ist, folgt die Entwicklungsarbeit. Die Testwaffen werden auf die im Pflichtenheft festgeschriebenen Vorschriften geprüft. Wird hierbei z.B. bei einem Sand- oder Schlammtest das vorgegebene Ziel nicht erreicht, werden die Ergebnisse analysiert und an der Konstruktion Änderungen vorgenommen. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis das Ergebnis den Vorgaben standhält.

In der heutigen Zeit entsprechen die meisten dieser Vorschriften den in den MIL-STD-Tests festgesetzten Normen. Die Vorschriften bzw. Anforderungen für die Einzelschusspräzision sowie die Lebensdauer der Läufe sind von Land zu Land unterschiedlich. So sind z.B. die Präzisionsforderungen in der Schweiz für das Stgw.90 höher als diese für das Stgw.AK47/AK74 in Russland.

Bei einem Dauerbeschuss, wie er in den oben genannten Tests durchgeführt wird, werden pro Gewehr eine bestimmte Anzahl Magazine auf ihre Haltbarkeit und Funktion mitgetestet. Vorgeschrieben sind der Schussrhythmus, die Art der Abkühlung sowie die Präzision (Streuung) nach einer festgelegten Anzahl Schuss einer bestimmten Munition. Als Beispiel: Der Inhalt von fünf Magazinen mit je 20 Schuss (= 100 Schuss) wird in 70 bis 80 Sekunden verschossen. Das sind etwa 1,5 bis 2 Schuss pro Sekunde. Während die fünf Magazine wiederbefüllt werden steht das Sturmgewehr senkrecht über die gesamte Länge des Laufes und mit offenem Verschluss zur Abkühlung in einem mit Wasser gefüllten Behälter. Jeweils danach wird das Sturmgewehr mit Pressluft ausgeblasen und der Beschuss wird solange fortgesetzt bis 8000 Schuss der Munition geschossen sind. Im abgekühlten und gereinigten Zustand wird das Sturmgewehr dann auf Präzision getestet. (Auf die Reinigungsvorschriften und Verschleissprüfungen während des Dauerbeschusses wird hier nicht weiter eingegangen).

Bleiben bei wiederholten Testreihen Lauf-Werkstoff, Herstellungsverfahren, thermische Behandlung, Munition und Beschussrhythmus unverändert, zeigt sich weitgehend das gleiche Ergebnis.

Hiernach stellt sich die Frage, warum beim Gebrauch in Schiessübungen – im Gegensatz zum Dauertest – der Lauf der Gewehre schon viel früher und nach wesentlich geringerer Schussbelastung die Präzisionsforderungen nicht mehr erfüllt und im Geschosslagerbereich ausgebrannt ist und das, obwohl nie richtig «warmgeschossen» wurde. Der Lauf müsste wesentlich mehr als 8000 Schuss Munition aushalten, wenn er «sanft» geschossen und dabei kaum warm wird!

Zur Behebung dieses Problems wird bislang mit vielfältigen Lösungsmöglichkeiten geworben wie z.B. mit Kaminwirkung im Vorderschaftbereich, mit Ventilationschlitzten, mit Vergrößerung der Laufoberfläche durch Längsrillen oder mit radialen Kühlrippen zur besseren Kühlung des Laufes.

Um hinter die Abläufe der Verschleissmechanik zu kommen, wurde viel Geld investiert (und dies aus Kostengründen nicht von Waffenfabriken, die ausschliesslich Handfeuerwaffen herstellen). Mit einem

Raster-Elektronenmikroskop, das Vergrößerungen bis in den Nanometerbereich (1 Nanometer = 1 milliardstel Meter) darstellen kann, wurde das Geheimnis gelüftet.

Der Feuerwaffenlauf einer neuen Testwaffe im Bereich des Geschosslagers ist mit einem Superfinish unter N 2, <0,05 µm, völlig sauber und glatt. Beim ersten Schuss – in der Regel ein Überdruckschuss mit >6000 bar Druck – wird Gas von etwa 3500°C in die Mikrooberfläche des hinteren Laufbereiches gepresst. Der Stahl in diesem Oberflächenbereich dehnt sich aus und staucht sich ineinander (*siehe Grafik «1. Schuss»*). Das schnelle Abkühlen des Laufes lässt dann die Mikrooberfläche einreissen. Es entsteht aber auch ein Härtegefüge mit Veränderungen des Volumens und es baut sich Spannung auf, was wiederum an der Rissmechanik mitwirkt. Es entsteht ein Gitter-Rissmuster, dem Gittermuster einer Netzgiraffe sehr ähnlich.

Der zweite Schuss wirkt sich nun auf eine Oberfläche aus, die bedingt durch diese Mikrorisse offen steht. Die Oberfläche ist also beim zweiten und den folgenden Schüssen eine andere als vor dem allerersten. Durch die erneute Erwärmung der Oberfläche beim zweiten Schuss schliessen sich die Risse zwar wieder aber erst durch das Ausdehnen des Materials nachdem die Wärme bereits eingedrungen ist. Während der darauffolgenden Abkühlung öffnen sich die Risse wieder (*siehe Grafik «2. Schuss»*).

Der Lauf-Werkstoff an den Risskanten erwärmt sich leichter und schneller als in den kleinen, geschlossenen Flächen und brennt stärker ab. Würde die Laufinnenfläche weniger und langsamer abkühlen, wären die Risse schmaler oder blieben annähernd geschlossen. Und hier liegt des Rätsels Lösung! Die Läufe werden schneller ausgeschossen, wenn nur alle paar Minuten ein Schuss abgegeben wird. Je kühler der Lauf beim Schuss desto mehr schadet es ihm. Der Umkehrschluss also wäre, dass die Lebensdauer des Laufes umso länger ist, je wärmer er bei der Schussabgabe ist. Dies allerdings gilt nur bis zu der Temperatur, bei der die Festigkeit des Laufstahles erhalten bleiben kann. Wird z.B. mit einem Sturm- oder Maschinengewehr im Dauerfeuer geschossen ist diese Grenze schnell überschritten und der Verschleiss steigt rapide.

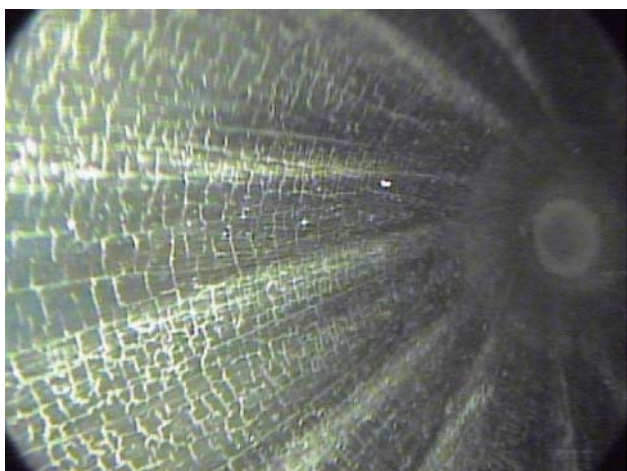
Bei Sport- und Repetiergewehren wiederum wird diese Temperaturgrenze nicht erreicht und kann somit auch nicht überschritten werden. Im Gegenteil. Bei Gewehren mit vorgesehen langsamer Schussfolge sollte der Lauf möglichst warm bleiben. Eine Isolation, die ein schnelles Abkühlen verhindert, täte diesen Läufen gut.

Das Rissmuster, das beim allerersten Schuss entsteht, bleibt bis ans Lebensende des Laufes gleich. Aber die Kanten runden sich mehr und mehr ab und die Risse werden tiefer und breiter. Durch ein Lauf-Endoskop sind diese Risse und Rissmuster nach etwa 1000 Schuss bereits gut erkennbar (*siehe Bild*). Die Folge davon ist, dass der Lauf dort ausbrennt, wo der Gasdruck und die Temperatur am höchsten sind und wo die Gasturbulenz am grössten ist oder anders gesagt: wo die Temperaturdifferenz zwischen Gas- und Lauf-temperatur am grössten ist!

Daraus folgt, dass hoch legierte Laufstähle hier von Vorteil sind. Zum einen verzögert der Chromgehalt in rostfreien Läufen die Benetzung mit anderen Metallen – Tombak-Ablagerungen beginnen später, wenn überhaupt – zum anderen ist die Wärmeleitfähigkeit bei hoch legierten Stählen um ein vielfaches schlechter als bei «rostenden» Stählen. Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  (Lambda) beträgt bei unlegiertem Stahl 48 bis 58, bei hoch legiertem lediglich 14! Dies bedeutet, dass die Wärme bei letzteren länger in der Innenoberfläche verbleibt und die Mikrorisse nicht so weit aufklaffen lässt. Auch wird die Wärme weniger vom Lauf aufgenommen; die Mündungsgastemperatur liegt höher. Für die Geschossbeschleunigung ist mehr Energie vorhanden und ergibt eine höhere Vo!

Um sehr gut schießende Läufe herzustellen, werden seit langer Zeit hoch legierte Stähle verwendet. Diese müssen allerdings spannungsfrei sein, da sich sonst bei Erwärmung die Treffpunktlage verändert. Spannungsfreie, hoch legierte Läufe sind leider sehr weich. Rostfreie Läufe könnten problemlos im Schmiedeverfahren hergestellt werden. Die Festigkeitswerte steigen durch die Kaltverfestigung beim Werkstoff 1.4122 von 850N/mm<sup>2</sup> auf 1300N/mm<sup>2</sup>! Diese Läufe liefern jedoch keine brauchbaren Präzisionsergebnisse trotz bester Innenoberfläche und Geometrie längs zur Laufachse. Sie sind eben voller Spannungen.

Derzeit besteht allein die Hoffnung, dass sich ein namhafter Laufhersteller um diese Problematik kümmern wird.

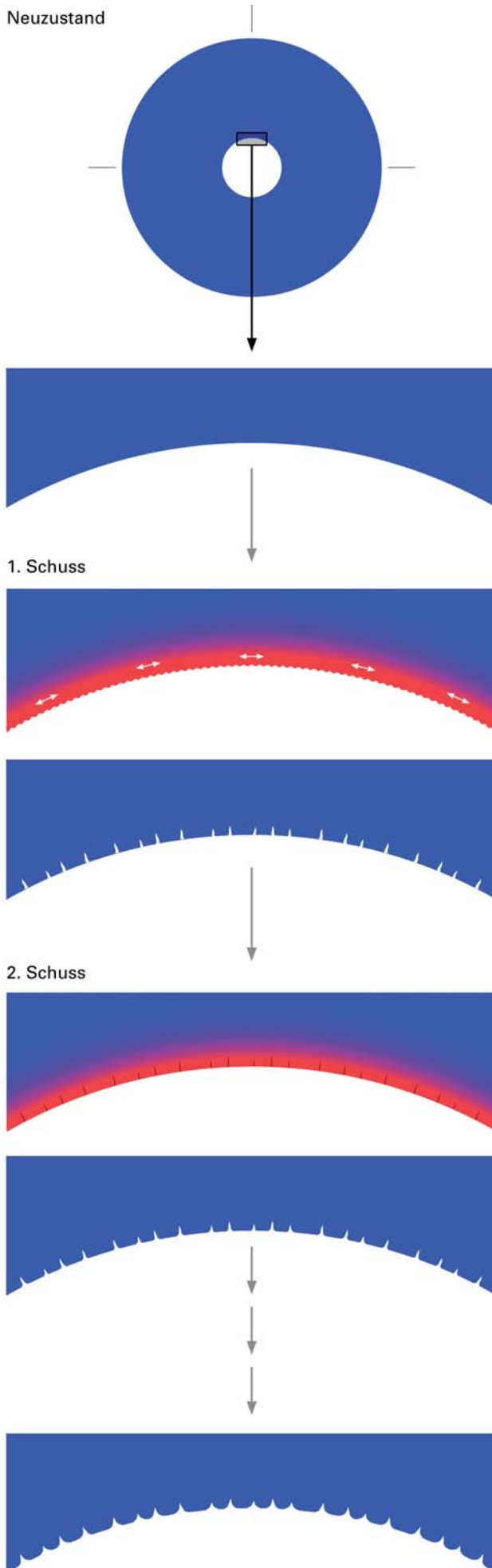


Aufnahme der Lauf-Innenoberfläche  
(Bild: Streppel-Endoskope, Wermelskirchen)

#### Innere und äussere Beeinflussung eines Laufes

Wie bereits erwähnt, können die Verschleissprobleme im Inneren eines Laufes durch Werkstoffe, Oberflächenqualität, Herstellungsverfahren und thermischer Behandlung beeinflusst werden. Und von aussen durch Isolation zur Erhaltung einer verschleissgünstigeren Laufinnentemperatur bei fortlaufendem Schiessen.

Eine äussere Laufisolation für Gewehre mit vorgesehen langsamer Schussfolge (Sportgewehre) bringt noch weitere Vorteile, die bisher kaum beachtet wurden. Als grösster Vorteil sei hier eine gleichmässige



Grafik: Isabell Röhm, Jestetten

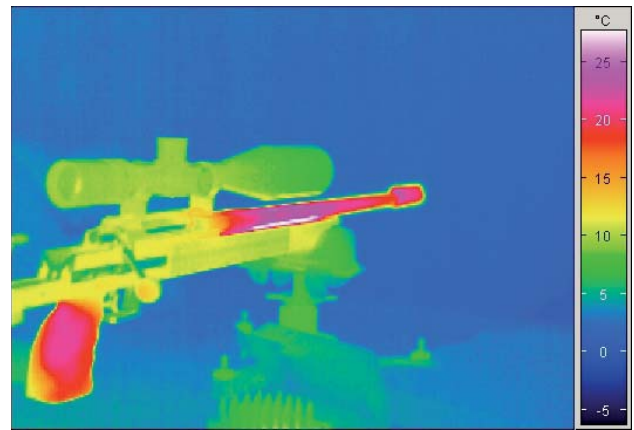
Wärmeverteilung im Lauf genannt. Insbesondere bei Gewehren mit Vorderschäften aus Holz staut sich nach wenigen Schüssen die Wärme zwischen Schaft und Lauf. Wärmebildkameras konnten diesen Missstand aufdecken (*siehe Bild*).

Aluschäfte um den Lauf sind zwar thermisch besser als Holzschäfte, jedoch kann beim Schiessen durch die Lauferwärmung eine Kaminwirkung erzeugt werden, die einerseits den Lauf unnötig kühlt, andererseits gerade durch die Ventilation (Wärmedifferenzen) Spannungen am Laufumfang verursachen kann.

Dies schadet dem Lauf nicht nur, wenn bei tiefen Aussentemperaturen geschossen wird, sondern er verspannt sich auch merklich, wenn der Lauf mit einem Finger der den Vorderschaft haltenden Hand berührt wird, was hin und wieder vorkommt. Treffpunktverlagerungen konnten umgehend beobachtet werden. Beim Schiessen bei Temperaturen von über 30°C hingegen wird bei Fingerberührung der Lauf nicht mehr thermisch beeinflusst.

**Fazit:** Wenn die  $V_0$  über 900m/s liegt sollten für Gewehrläufe Laufstähle mit einem Chromanteil von 17 bis 18% verwendet werden, da Chrom sich nicht benetzen lässt.

SIGG H.P.  
Waffen  
An der Holzgass 4  
D-79798 Jestetten  
Tel. +49 7745 96666  
Fax +49 7745 5337  
[info@sportgewehr.de](mailto:info@sportgewehr.de)



Wärmebild von J. Münzberg, Sportgewehrssystem im Kal. 6,5 x 55 Schwedenmauser. Nach wenigen Schüssen zeigt sich selbst im Aluschaft ein Wärmestau zwischen Lauf und Vorderschaft.