

Über die Erwärmung  
von Maschinengewehren beim Schießen

von Ernst Schmidt

Beitrag zur Entwicklung von Gewehr-  
und Maschinengewehren auf dem Gebiet des Jagdwesens

von J. Zippreck

ROUENACH

Abteilung für den 2. Wissenschaftsbereich der  
Landwirtsch. Fakultät am 24. Juni 1940

Stempelnummer: 1940/41

# Über die Erwärmung von Maschinengewehrläufen beim Schießen

Von Ernst Schmidt

Die Lebensdauer von Maschinengewehrläufen, aus denen gekörnt Schießpatronen geschossen werden, hängt wesentlich von der Temperatur ab, welche der Lauf beim Schießen erreicht. Bekanntlich nimmt bei Temperaturen oberhalb 300° die Festigkeit des Stahls stark ab und der Verschleiß der lauffreien Laufoberfläche entsprechend zu. Dieser Verschleiß es weniger auf die Mitteltemperatur, als auf die Temperatur der heißesten Stelle an. Jede Maßnahme, die die aufgetretenen Höchsttemperaturen herabsetzt, muß sich daher in einer entsprechenden Erhöhung der Lebensdauer bzw. in einer Verminderung des Verschleißes von Maschinengewehrläufen auswirken.

Über die mittlere Temperatur und die Wärmeabfuhr von Läufen liegen ältere Messungen von Cranz und Roth<sup>1)</sup> bereits aus dem Jahre 1903 vor, bei denen der Lauf durch längeres Schießen in gleichen Zeitabständen auf einen Beharrungszustand gebracht und seine Temperatur an 7 Stellen mit Thermoelementen gemessen wurde<sup>2)</sup>. Die Wärmeabfuhr ermittelten sie dadurch, daß der Lauf durch elektrische Heizung auf dieselbe Beharrungstemperatur wie beim Schießen gebracht wurde.

Secret<sup>3)</sup> hat bekanntlich sich auch später Messungen der Lauftemperaturen auf weitere Stellen und geben konnte. Über den zeitlichen Verlauf der Temperaturen bei einer Schießserie.

Im folgenden soll über Messungen berichtet werden, welche den zeitlichen Verlauf der Temperatur an der äußeren Oberfläche des Laufes über seine ganze Länge in Form einer Kurve am Lauf gemessenen Temperaturen sind. Außerdem die über seine Wandstärke gemittelten Werte. Diese Messungen wurden im Herbst des Jahres 1945 in Hirschhorn neu und später in Braunschweig am Institut für Luftströmung an der Luftfahrtforschungsanstalt Hermann Göring, zusammen mit dem dortigen Leiter, mit verbesserten Mitteln fortgesetzt. Das dortige Labor

<sup>1)</sup> C. Cranz und H. Roth: *Abwärtsschießen*, vom Ernst aus einem Vortrag, *Zeitschrift für Flugwissenschaften*, Bd. 10, 1930, S. 301, 302 u. 314.

man wird durch die Verteilung der Wärmeabgabe der Pulverspäre längs des Laufes ermittelt, und es lassen sich daraus auch Schlüsse auf die an der inneren Wand des Laufes in unmittelbarer Nähe der Oberfläche beim Schmelzfortschritt auftretenden außerordentlich steilen Temperaturkurven ziehen, die sich den gemessenen über die Wandstärke gemittelten Lauftemperaturen überlagern. Diese Temperaturspitzen sind für den Verschleiß des Laufes von entscheidender Bedeutung. Die Höhe dieser Spitze wird sich aber um den gleichen Betrag senken, um den man die hier betrachteten radialen Mittelwerte der Temperaturen des Laufes korrigiert.

### Das Meßverfahren

Die Messungen, über die ich hier berichte, wurden ausgeführt an Laufes des bei der Luftwaffe eingeführten luftgekühlten Maschinenengewehrs MG 15. Auf die äußere Oberfläche des Laufes waren 16 bis 18 Thermoelemente aus Manganin-Konstantan-Drähten von 0,5 mm Durchmesser in Abständen von 2 bis 3 cm mit Weichlot in deren Schwelzpunkt aufgeführt, mit denen die Temperaturen in kurzen Zeitabständen gemessen werden konnten. Abbildung 1 zeigt die Gestalt des Laufes und die Lage der Thermoelemente. Darüber ist über der Länge des Laufes von Gewicht je Zentimeter Länge aufgetragen:

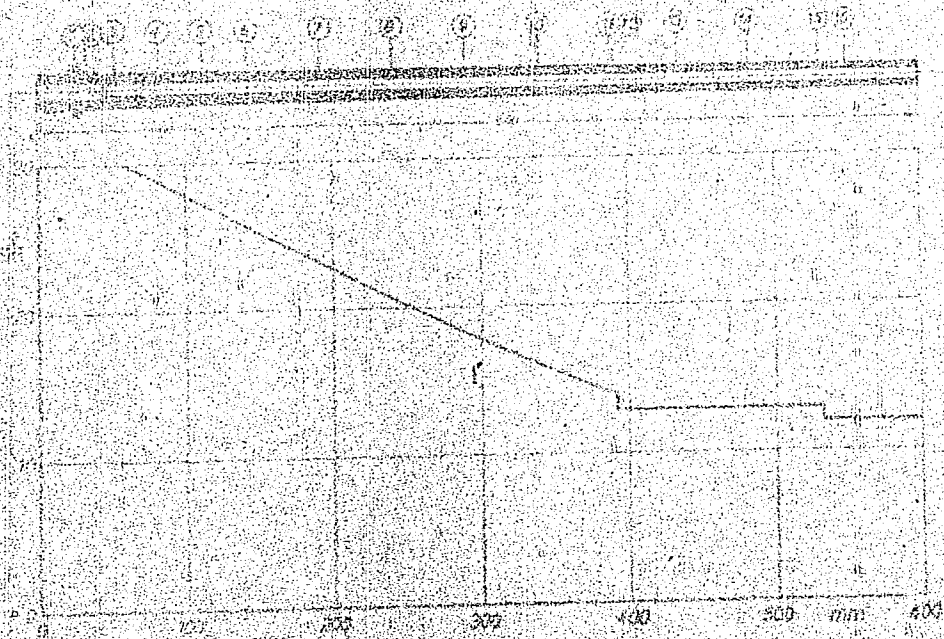


Abb. 1  
Querschnitt des Laufes vom MG 15 mit Lage der Thermoelemente und Gewichtverteilung in g/cm

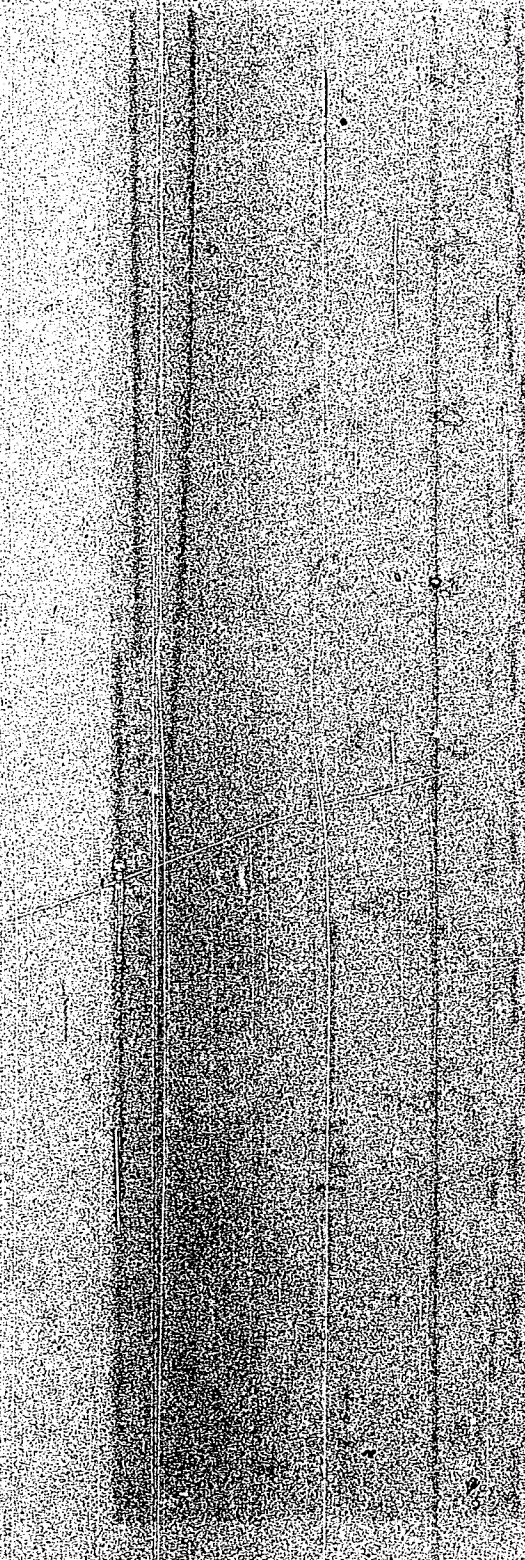
Wenn die Temperaturmessungen nicht nur den Zustand des Laufes nach dem Schluß, sondern die Entwicklung der Laufveränderung während einer Schußserie angeben sollen, müssen sie sehr schnell ausgeführt werden. Zur Messung diente daher ein Schriftenvorrichtung von Siemens & Halske. Da handelsübliche Schleifen für die kleinsten Spannungen von nur wenigen Millivolt nicht empfindlich genug sind, wurde eine besondere Schleife gebaut, die bei dieser Eigenschaft von 600 Hz in der benutzten Meßordnung, d. h. mit ungeschlossenen Thermoelementen, noch eine Empfindlichkeit von 1 cm Lichtstrahlschlag für eine Thermokraft von 1 Millivolt entsprechend eines 2° Temperaturunterschied hatte. Die Schleife war durch Ölspindelmotoren gedreht.

Zum Schalten der Thermoelemente diente ein Umschalter mit Motorantrieb für 28 doppelpolige Anschlüsse, bei dem eine Welle mit geeigneten versetzten Nocken Kontaktfederpaare betätigt. Damit konnten etwa 70 bis 80 Schaltungen in der Sekunde ausgeführt werden, so daß für jede Messung unter Berücksichtigung der Dauer der Unterbrechung zwischen zwei Verbindungen etwa  $\frac{1}{10}$  sec zur Verfügung stand. Die Durchmessen aller 18 Thermoelemente erforderte nur etwa 0,27 sec, worauf nach einer Unterbrechung von 0,13 sec eine neue Meßreihe begann. Auf diese Weise war es möglich, über längere Zeiten zu messen, wobei alle 0,4 sec die Temperaturverteilung längs des ganzen Laufes aufgenommen wurde. Die Regatirungen konnten schon vor dem ersten Schuß begonnen und während des Schießens fortlaufend weitergeführt werden. Außer der Schleife zur Temperaturmessung wurden noch vier weitere Schleifen gewöhnlicher Art zum Aufschreiben von Meßwerten benutzt.

### Ergebnisse der Temperaturmessungen

Das Arbeiten und die Leistungsfähigkeit des Meßverfahrens zeigt am besten ein damit aufgenommenes Bildstreifen nach Abb. 1. Die Linie I ist die abgetastete Linie I die Zeitmarke mit einer Periode von 0,4 sec. In der obersten Linie L, deren Lichtstrahler von der Verschleißvorgang der Waffe geschützt wird, bedeutet jeder der 25 Ausschläge einen Schuß. Nach dem letzten Schuß bleibt der Verschleiß offen, und der Lichtstrahler schreibt eine Gerade in Höhe des letzten Ausschlags. Die Schußhöhen betragen, wie man an den Zeitmarken ablesen kann, 205 Schuß je Minute.

100



The following information was obtained from the investigation conducted by the author on the subject of the above captioned matter. It is noted that the information herein is based on the information furnished by the author and is not intended to be a complete and exhaustive statement of the facts. The information herein is based on the information furnished by the author and is not intended to be a complete and exhaustive statement of the facts.

Linie 3 enthält die hier jeweils in Temperaturverteilung  
 radenstücke zwischen den einzelnen Ableitungen sind die  
 Stromkreis geschriebenen Nulllinien des Galvanometers  
 an die Anschlüsse zu stellen und die bei b, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> usw.  
 zu 16 Anschlüsse der Temperaturstellen. Zwischen den  
 geht dem Lichtleiter zurück. Doch wird in der letzten  
 zur die Nulllinie nicht ganz erreicht mit Aussehen der  
 d. Messung, die zufällig etwas länger ausgefallen ist.  
 Schließung noch nicht angefangen, bei b<sub>1</sub> ist bereits eine  
 mung des Ladestandes erkennbar, der sich dann bei b<sub>2</sub> noch  
 etwas mehr der Ladestand der Temperaturverteilung  
 stellen folgen einander in derselben Reihenfolge wie an der  
 ist das Parameterlager, rechts die Mundung. Die Nulllinie  
 unmittelbar hinter der Temperaturverteilung. Lage der  
 schon davon, daß die Thermoelemente nicht gleichmäßig  
 Länge verteilt waren, sondern im hinteren Laufe der

Vor dem ersten und auch dem 16. Ableitungsstelle  
 gehaltene Lichtempfindlichkeit an die Schließe gelegt.  
 Funkenschleife, deren Abstand von der der Anfangsstrom  
 entsprechenden Nulllinie (hier Kurve 1) nicht den 16

Die Kurve 2 zeigt schließlich den Temperaturverlauf  
 geschoben mit einer anderen, weniger unregelmäßigen  
 Nulllinie. In Umkehrrechnungstellen der Kurve  
 Natur dieser Nulllinie und erweisen, wenn auch  
 jeweils an die jeweilige Temperaturverteilung.

Die Verschiebung enthält also nicht unregelmäßig  
 Nulllinie 1 und weitere Stücke aus dem Verlauf  
 freies mit der zum Beginn der Verschiebung  
 Menschheit, wie die Temperaturverteilung durch  
 und es über diesen durch Wärmeausgleich  
 Temperaturverteilung im ersten Abschnitt  
 die Kurve zeigt, die, wie die Temperaturverteilung

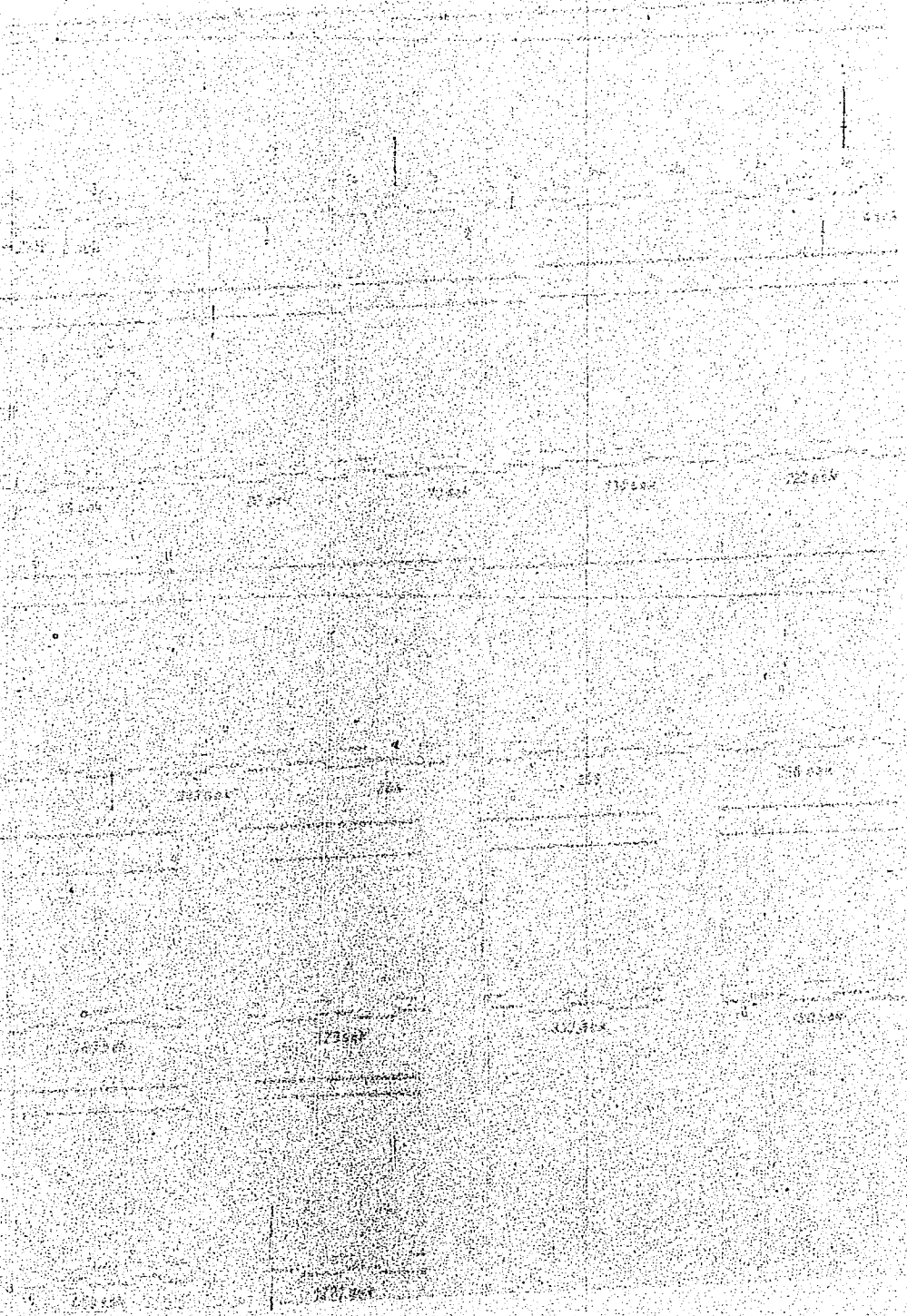


Abb. 5

Entwicklung der Temperatur des Lautes vom  $M_3$  15 bei zwei mit Abstand von 263 sec geschossenen Serien von 23 und 23 Schuß

In den Abbildungen 4a und b ist der Verlauf der Temperaturänderungen nach dem ersten und dem zweiten Schussfall mit dem entsprechenden Maximum herausgezeichnet und über die Lauflänge abgetragen.

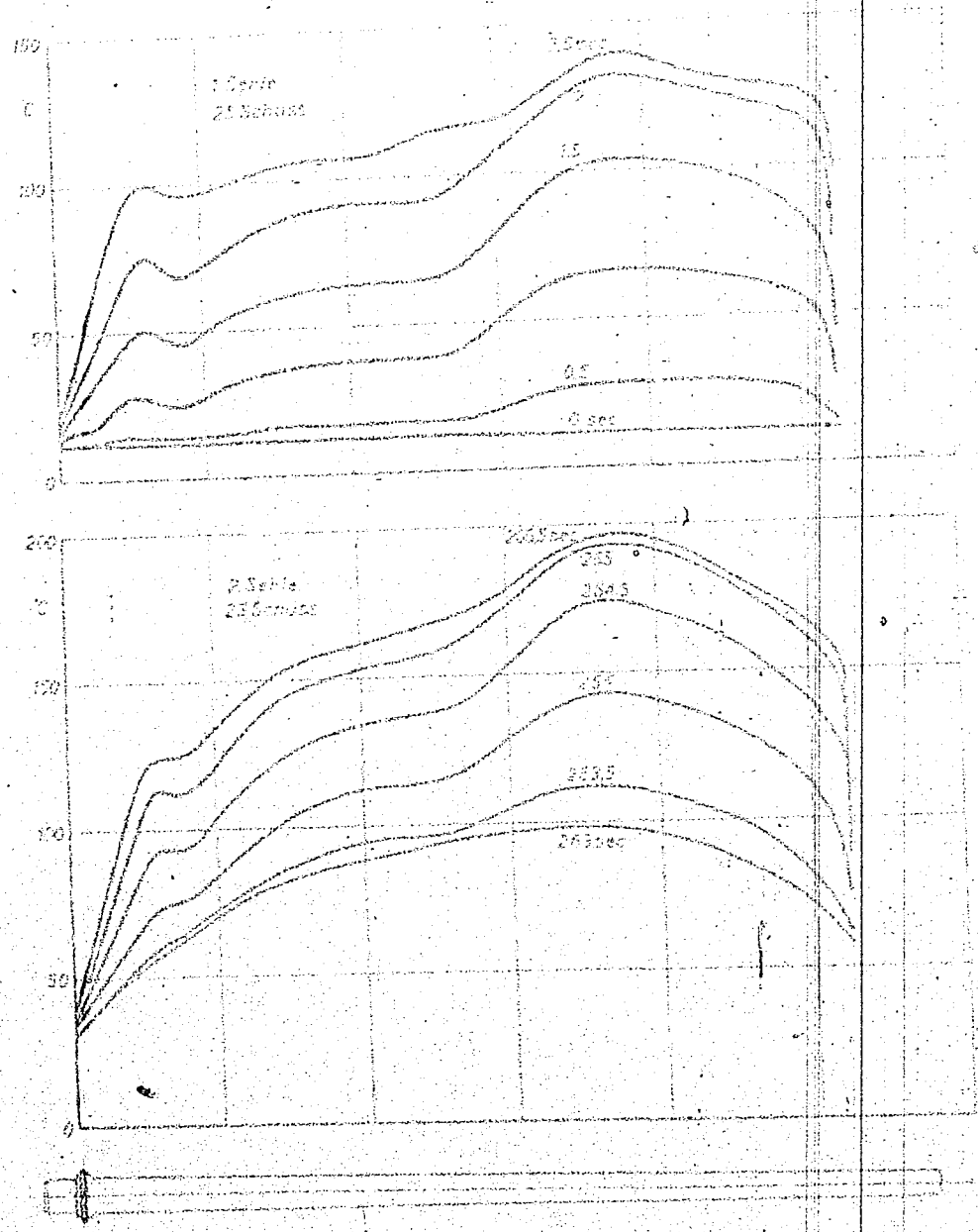
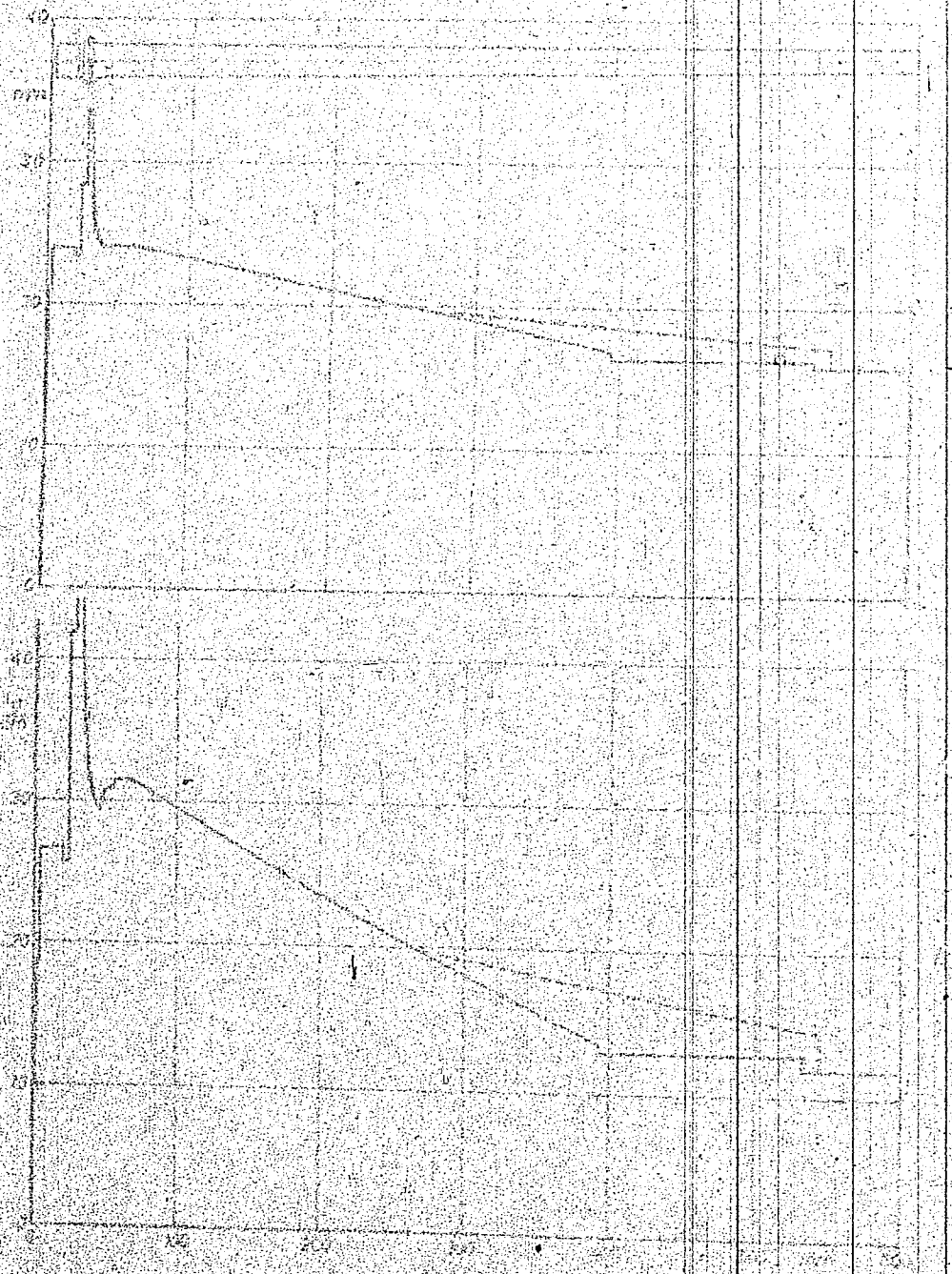


Abb. 4

Temperaturverlauf längs des Laufes nach zwei Schussregionen mit 26 sec Abstand



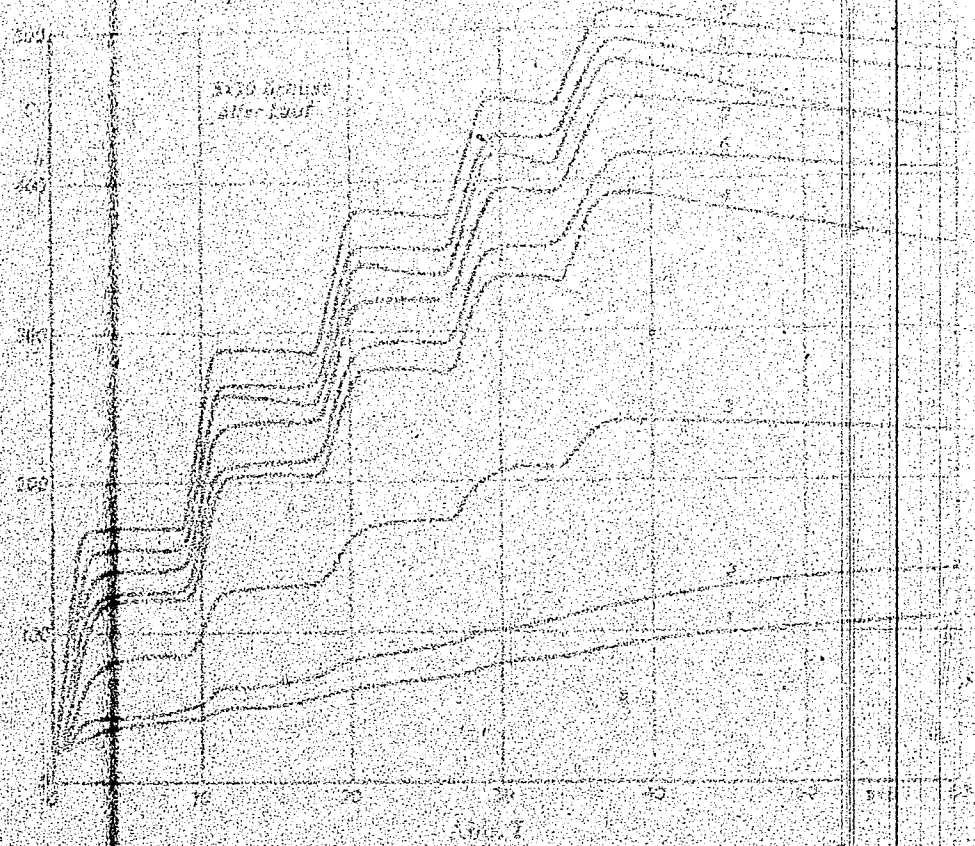




Handwritten text below the graphs, likely providing a description of the data or the experimental conditions.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a conclusion or further notes related to the data presented in the graphs.





Temperaturverlauf in verschiedenen Stellen über die Zeit bei einem Schritt (Neuer Lauf).

Die Figuren zeigen die Temperaturverläufe in verschiedenen Stellen über die Zeit bei einem Schritt (Neuer Lauf). Die Wirkung der Laufbewegung in den kurzen Pausen zwischen den Schritten zeigt dasselbe für den neuen Lauf, der bis zu einer Oberflächentemperatur von 181° erreicht, während bei dem alten Lauf die Temperatur nur auf 142° steigt. Der alte Lauf wurde also um 39° niedriger.

Dass bei der untersuchten Schrittlänge die Höchsttemperatur nicht die Verletzung des Laufers nicht ganz so stark beeinflusst, wie man nicht ohne Nachdenken zu verstehen, als der Wärme des Körpers im Laufe der Zeit durch Verdunstung des Schweißes abnimmt, ist ein interessantes Temperaturverhältnis, das man bei ähnlichen Versuchen mit anderen Schrittlängen beobachten kann. Bei sich allmählich vergrößernder Schrittlänge zeigt die Temperaturveränderung der Streckenverläufe die entsprechenden Veränderungen der Wärmeempfindung und die Wärmeempfindung der Laufbewegung.

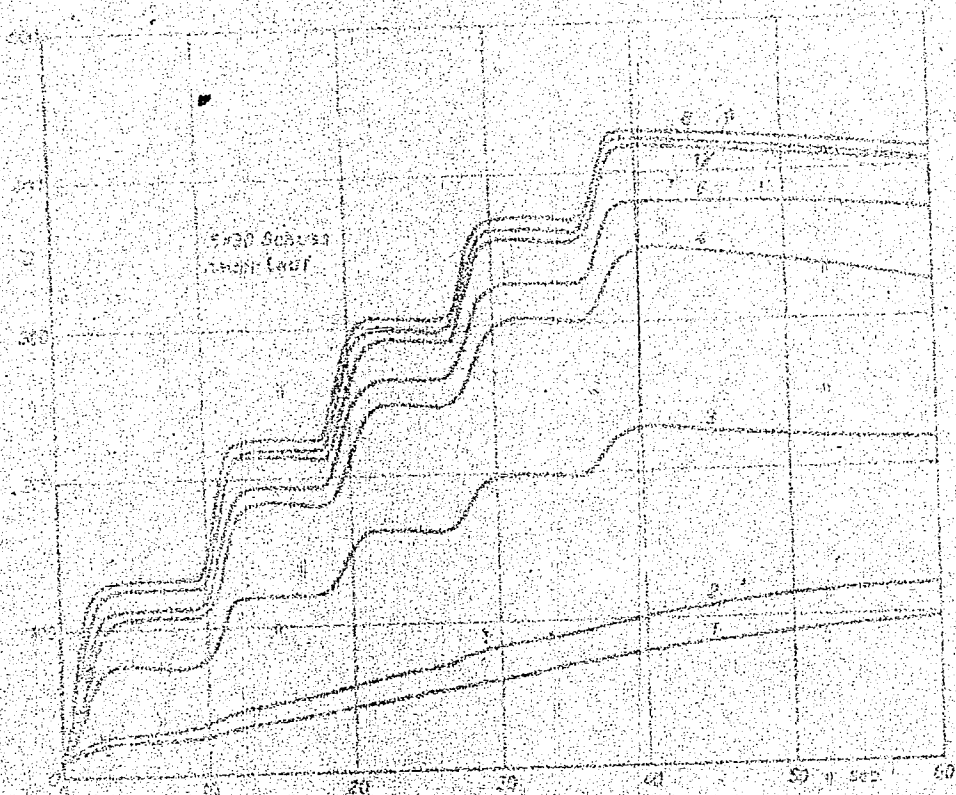


Abb. 8

Temperaturverlauf an verschiedenen Stellen über der Zeit bei einer Serie von 7 5730 Schuss (gehobener Lauf)

### Beurteilung der Wärmefaufnahme des Laufes

Aus den gemessenen Temperaturen des Laufes und aus seiner Wärmekapazität kann man die an den Lauf abgegebene Wärme bestimmen, wenn die für den ganzen Lauf bereits Grauz und Kothe getau haben. Durch rasche Messung der Temperaturen und der aus den Oszillationskurven hervorgehende langsame Ausgleich längs des Laufes erlaubt aber die Ermittlung der Verteilung der aufgenommenen Wärme über die Lauflänge.

Das Ergebnis zeigt Abbildung 9, darin ist die bei einer Schußserie von 20 Schuss je Zentimeter Lauflänge aufgenommene Wärmemenge dargestellt. Der Betrag ist hinter am Patronenlager am größten und sinkt bis zur Mündung fast auf die Hälfte. Zunächst sollte man einen noch merklichen Abfall erwarten, da einerseits die Patronengase sich gegen das zerlegte Gewehr hin durch Expansion merklich abkühlen und ander-

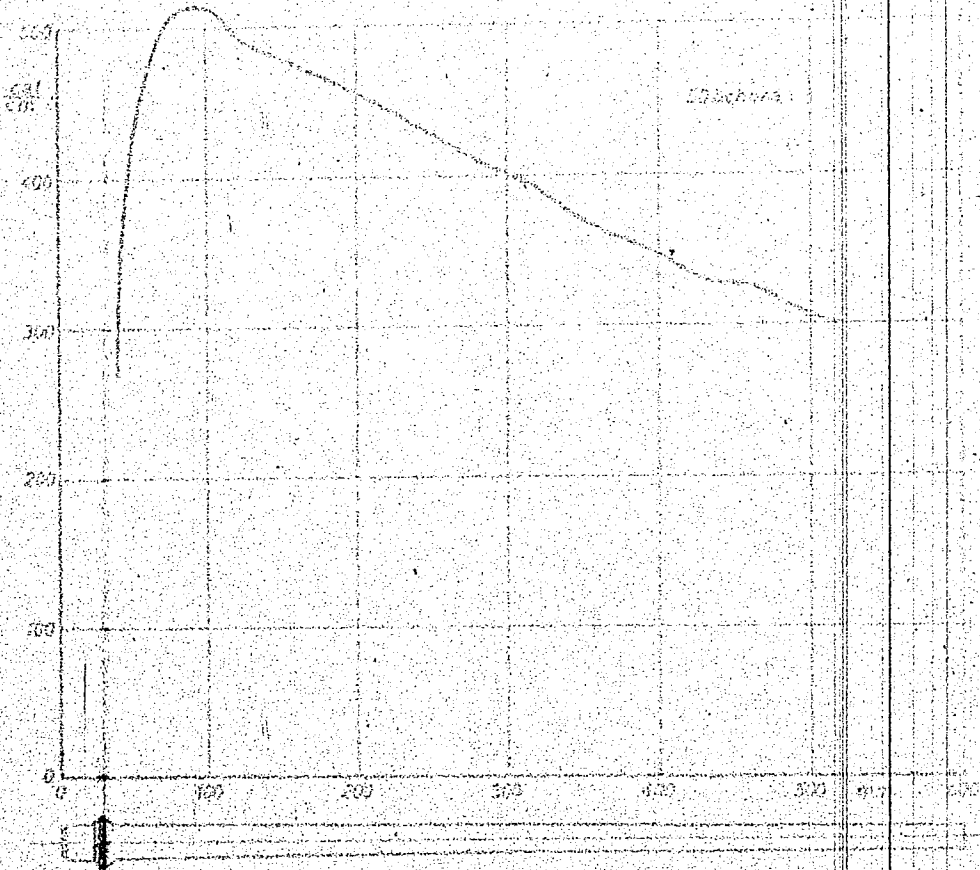


Abb. 2

Wärmeaufnahme der Laufes in kalte im Laufe bei einer Schuss von 1000 Schuss

seits die Einwirkungszone der Pulvergase, geschneidet vom Verbleib des Geschosses an der betrachteten Stelle bis zu seinem Austritt an der Mündung gegen das vordere Laufende, die auf Null sinkt. Teil sichtlich erhöhte aber die nach der Mündung zunehmende Gasdruckwirkung den Wärmeübergang merklich. Außerdem streuen, nachdem das Geschöß den Lauf verlassen hat, noch eine Zeitlang die verbleibenden Pulvergase aus und übertragen — wenn auch in geringem Maße — Wärme an das Rohr. Teilt man die Wärmeaufnahme durch die Zahl der Schüsse, so erhält man am hinteren Teil des Laufes in ungerundeten Zahlen eine Wärmeaufnahme je Schuss

von 10 cal/cm (bezogen auf 1 cm Lauflänge) oder

von 4 cal/cm (bezogen auf 1 cm innere Laufweite).

Gegen die Mündung hin nehmen diese Werte bis zu etwa die Hälfte ab.

Nimmt man an, daß diese Wärmemenge während der Dauer des Schmelzens von rund 1,5 Millisekunden gleichmäßig zugeführt wird, so würde das einer Wärmeströmdichte oder Heizflächenbelastung von 10000000 kcal/m<sup>2</sup>h entsprechen. Zum Vergleich sei angeführt, daß die Heizflächenbelastung in dem der Strahlung des Feuerbettes voll ausgenutzten Teil eines hochbelasteten Dampfkessels von der Größengröße 20000 kcal/m<sup>2</sup>h ist, und daß selbst im Hochofen während der Verformung nur Belastungen der Zylinderwand bis zu 100000 kcal/m<sup>2</sup>h auftreten.

Man sieht also, wie außerordentlich hoch die allerdings nur kurzzeitige thermische Beanspruchung der inneren Oberfläche von Walzen ist. Aber muß man noch beachten, daß unsere Abschätzung eine gleichmäßige Wärmezufuhr während der Dauer einer Schmelzperiode voraussetzt, in Wirklichkeit ist die Belastung aber im Augenblick der Abschmelzung einerseits über den angenommenen Mittelwert hinausgehende Spitze.

Eine Wärmeströmdichte von 10000000 kcal/m<sup>2</sup>h entspricht bei einer Wärmeleitfähigkeit des Baumaterials von 20 kcal/m<sup>2</sup>h grad ein Temperaturgefälle von 2000 grad/cm. An der inneren Wand des Laufes tritt daher während des Schmelzens in einer Schicht von etwa 0,2 mm Dicke ein starker und hoher Temperaturanstieg auf, der die innere Laufoberfläche um schätzungsweise 600° über die gemessenen Mitteltemperaturen hinaus steigert.

Bei Geschützen mit langen Läufen und daher längerer Einwirkungszeit der Pulvergase auf die Wand sind die Temperaturspitzen noch höher. Unter gleichen Verhältnissen steigen sie proportional der Wurzel aus der Einwirkungszeit und erreichen in Langgeschützen die Kennwerttemperatur von Eisen. Auf diese sehr interessanten und noch weitgehend unbekannten Verhältnisse kann ich aber im Rahmen dieser kurzen Besprechung nicht mehr eingehen. Vielleicht haben aber auch die anderen hier von mir erwähnten Meinungen schon Hinweise für die Konformierung der Läufe und führen zur Anstellung von vergleichenden Messungen an Läufen mit der Hilfe und der nach dem Ergebnis der Messungen geänderten Geschützverteilung.