

**Zeitschrift:** ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische  
Militärzeitschrift

**Herausgeber:** Schweizerische Offiziersgesellschaft

**Band:** 147 (1981)

**Heft:** 5

**Artikel:** Kaliberverkleinerung bei Handfeuerwaffen

**Autor:** Kneubühl, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-53679>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Kaliberverkleinerung bei Handfeuerwaffen

Dipl. Math. B. Kneubühl

**Mit Kaliberverkleinerung werden grössere Anfangsgeschwindigkeiten und kleinere Waffen- und Munitionsgewichte erreicht. Ein Nachteil ist die Verkürzung der Einsatzdistanz. Verschiedene Länder haben die 3. Kaliberreduktion bereits vollzogen. Und die Schweiz?**

## 1 Einleitung

Vor etwas mehr als zehn Jahren wurde die amerikanische Armee mit dem 5,56-mm-Sturmgewehr M 16 (Armalite) ausgerüstet. Damit wurde erneut ein Prozess eingeleitet, der seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts stets von Zeit zu Zeit zu beobachten war. Die Armeen ersetzen ihre Handfeuerwaffen durch solche mit wesentlich kleinerem Kaliber.

Die gegenwärtig laufende Kaliberreduktion gab und gibt noch immer in weiten Teilen der Welt Anlass zu teils vehementen Diskussionen. Trotzdem sind in gewissen Ländern Waffenentwicklungen im Gange und teilweise weit fortgeschritten, die mit noch weiter verkleinerten Kalibern arbeiten.

Der vorliegende Artikel greift nicht in die Diskussionen um das Kaliber ein, sondern erläutert sachlich aus der Sicht des Ballistikers die Zusammenhänge zwischen Kaliber, Leistung und Wirkung bei Handfeuerwaffenmunition. Damit werden aber auch die Gründe beleuchtet, die bisher zu den Kaliberreduktionen geführt haben.

## 2 Ballistische Vorbemerkung

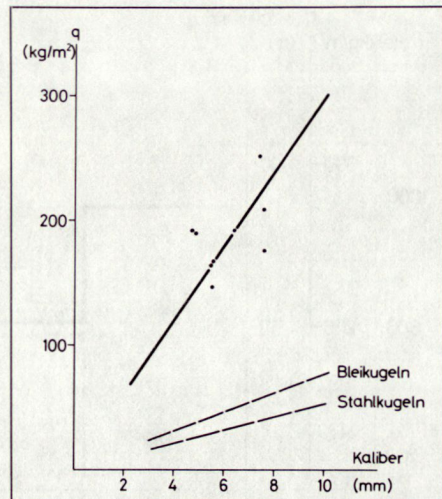
Eine gute Einsicht in diese Zusammenhänge ergibt sich, wenn wir uns an einen der wichtigsten Begriffe der elementaren Ballistik erinnern: an die Querschnittsbelastung  $q$  eines Geschosses. Die Querschnittsbelastung erhalten wir, wenn wir die Masse des Geschosses durch die Kaliberquerschnittsfläche dividieren. Bei Geschossen mit ähnlicher Form und Konstruktion nimmt  $q$  mit zunehmendem Kali-

ber zu und mit kleiner werdendem Kaliber ab. Bei gleichem Kaliber hat das schwerere Geschoss die grössere Querschnittsbelastung. Eine Übersicht über den Zusammenhang zwischen Kaliber und  $q$  heute gebräuchlicher Handfeuerwaffengeschosse vermittelt Bild 1.

Die Querschnittsbelastung hat nun einen entscheidenden Einfluss auf die innen-, aussen- und endballistischen Vorgänge:

**Innenballistisch** ist eine kleine Querschnittsbelastung von Vorteil. Der von den Pulvergasen erzeugte Druck ergibt grössere Beschleunigungen und damit grössere Anfangsgeschwindigkeiten, wenn er auf eine grosse Querschnittsfläche wirken kann und nur eine kleine Masse beschleunigen muss.

Umgekehrt ist in der **Aussenballistik** eine grosse Querschnittsbelastung wünschenswert, da die durch den Luftwiderstand erzeugte Verzögerung des



**Bild 1. Querschnittsbelastung moderner Infanteriegeschosse in Abhängigkeit des Kalibers.**

Geschosses zu  $q$  umgekehrt proportional ist.

**Eindringvorgänge** in harte und weiche Ziele werden ebenfalls stark von der Querschnittsbelastung beeinflusst, wobei eine gute Wirkung in harten Zielen ein grosses  $q$  und in weichen Zielen ein kleines  $q$  erfordert.

## 3 Historische Betrachtung

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts waren praktisch alle Armeen mit **Stein-schloss-Vorderladergewehren** mit glattem Lauf (Flinten) ausgerüstet, die ein Kaliber von 17 bis 19 mm aufwiesen. Im ersten Bundesvertrag der Eidgenossen von 1814/15 erhielt die Tagsatzung auch die Befugnis, über die Ausrüstung der Truppen zu befinden. Im Jahre 1817 wurde denn auch im Rahmen des ersten Militärreglementes für die Schweizerische Eidgenossenschaft die erste eidgenössische **Ordonnanzmunition** festgelegt. Das Kaliber betrug 17,5 mm, und es wurden Bleikugeln von ca. 27 g verschossen. Diese Munition wurde dann beibehalten, bis die ersten Vorderlader mit gezogenen Läufen (Büchsen) militärtauglich wurden.

Die Büchsen waren wesentlich treffsicherer als Flinten, doch war der Ladevorgang derart umständlich, dass eine militärische Anwendung bis dahin nicht in Frage kam. Erst die **Erfindung des Expansionsgeschosses**, ein Langgeschoss von 2 bis 2,5 Kalibern Länge, gestattete ein normales Laden. Diese Langgeschosse waren jedoch für die durch die Gewehrkonstruktion bedingte maximale Pulverladung viel zu schwer, so dass aus innenballistischen Gründen die Querschnittsbelastung und damit das Kaliber verkleinert werden musste.

Im Jahre 1851 genehmigte der Bundesrat die erste Ordonnanz für Vorderladerbüchsen. **Das Kaliber wurde zu 10,5 mm festgelegt** und ein Spitzgeschoss von 17 g gewählt. Damit hatte die Eidgenossenschaft (als erster Staat in Europa!) die erste wesentliche Kaliberreduktion beschlossen. Der Beschaffungsbotschaft des Bundesrates sind dazu die folgenden Begründungen zu entnehmen: grössere Trefffähigkeit, gestrecktere Flugbahn, geringerer Rückstoss («... der der Mannschaft nicht schon nach den ersten Schüssen das Zielen und Schiessen verleidet») und das geringere Gewicht von Waffe und Munition.

1863 wurde dann das Kaliber 10,5 mm zum ersten einheitlichen Kaliber für alle Handfeuerwaffen erklärt. In der Folge fand in diesem Kaliber eine

**rasante Entwicklung der Waffentechnik** statt, die mit dem ersten Repetiergewehr System Vetterli einen Höhepunkt erreichte. Das Problem der Feuergeschwindigkeit war gelöst. Auch mit der Präzision durfte man zufrieden sein, war doch die 50-%-Streuung bei der Schussdistanz 300 m seit 1822 von mehreren Metern auf ca. 20 cm zusammengeschrumpft.

Die **Forderung nach Treffgenauigkeit** verlagerte sich damit zu aussenballistischen Fragen hin. Die langsamen und schweren Bleigeschosse wiesen nämlich eine ansehnliche Flugbahnkrümmung auf, so dass ein Treffer eine sehr gute Distanzschätzung bedingte, dies um so mehr, als sich die Einsatzdistanz bis über 1000 m erstreckte. Die damals junge ballistische Wissenschaft hatte jedoch bereits erkannt, dass nur eine massive Erhöhung der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  verbunden mit einer grossen Querschnittsbelastung diesem Übelstand abhelfen würde. Der Vergrösserung des  $v_0$  waren aber wiederum innenballistische Grenzen gesetzt, die nur mit einer weiteren Kaliberverkleinerung und der Einführung des rauchlosen Pulvers überschritten werden konnten. Experimente, vom Kaliber 9 mm ausgehend, führten schliesslich zu einem **Gewehr im Kaliber 7,5 mm**, das im Jahre 1889 zur neuen Ordonnanz erhoben wurde.

Die **Entwicklung im Ausland** nahm einen ähnlichen Verlauf. Führten die meisten europäischen Staaten in den 1850er Jahren Waffen in Kalibern um 11 mm ein, so taten sie ca. 30 Jahre später den nächsten Schritt: Frankreich wählte 1886 das Kaliber 8 mm (Lebel), Deutschland entschied sich für 7,9 mm, und Italien versuchte es gar mit 6,5 mm.

Bild 2 und obenstehende Tabelle geben einen Überblick über die Kaliberentwicklung seit Beginn des letzten Jahrhunderts.

#### 4 Gründe für eine weitere Kaliberverkleinerung

Diese geschichtliche Betrachtung zeigt uns, dass früher eine Leistungssteigerung stets eine Vergrösserung der Schussdistanz bei einer möglichst gestreckten Flugbahn bedeutete. Die dazu erforderliche grosse Querschnittsbelastung wurde erreicht, indem **bei gleichzeitiger Kaliberverkleinerung das Geschoss länger konstruiert wurde** (3,5 bis 5 Kaliber). Noch längere Geschosse lassen sich nicht mehr vernünftig drallstabilisieren, so dass eine weitere Kaliberverkleinerung in der Regel eine Re-

Ordonnanz	Kaliber (mm)	Geschoss-masse (g)	Querschnitts-belastung (kg/m <sup>2</sup> )	$v_0$ (m/s)	Bemerkungen
1817	17,5	27	112,3		für Steinschlossflinten
1842	17,5	26	108,1		für Perkussionsflinten
1851	10,5	17	196,3	~ 440	für Büchsen
1863	10,5	18,6	214,8	~ 430	erstes einheitliches Kaliber für alle Handfeuerwaffen
1867	10,4	20,2	237,8		Hinterlader Peabody
1871	10,4	20,2	237,8	410	Vetterligewehr
1890	7,5	13,8	312,4	590	
1911	7,5	11,3	255,8	797	GP 11

duktion der Querschnittsbelastung zur Folge hat.

Mit der zunehmenden Mechanisierung des Gefechtsbildes ist die Einsatzdistanz der Handfeuerwaffe bescheidener geworden. Die Flugbahnstreckung der für heutige Begriffe relativ langsamen und schweren Geschosse der Jahrhundertwende ist aber gerade für kurze Distanzen ungünstig. So erwarten wir von einer **den heutigen Anforderungen gerecht werdenden Munition**

- eine sehr gestreckte Flugbahn auf kurze und mittlere Distanzen,
- grosse Präzision.

Zugleich sollen Waffe und Munition ein möglichst geringes Gewicht haben.

Eine gestreckte Flugbahn auf kurze und mittlere Distanzen wird erreicht, wenn dem Geschoss eine möglichst grosse Anfangsgeschwindigkeit erteilt wird. Grössere Anfangsgeschwindigkeiten sind aber nur mit kleineren Querschnittsbelastungen möglich, wenn Waffen- und Munitionsgewicht klein gehalten werden sollen. Damit liegt eine **Kaliberreduktion** auf der Hand. Eine Verminderung des Waffen- und Munitionsgewichtes stellt sich dabei fast automatisch ein.

Da die Querschnittsbelastung neben der Innenballistik auch den Geschoss-

flug und die Zielwirkungen wesentlich mitbestimmt, **sind aus der Kaliberreduktion Konsequenzen zu erwarten**, die wir im folgenden erklären.

#### 5 Aussenballistische Konsequenzen

Man wird die Flugbahn eines Handfeuerwaffengeschosses dann als «gut» bezeichnen, wenn sie eine möglichst **hohe Treffererwartung** zulässt. Diese wird aber beeinflusst durch

- Distanzschätzfehler,
- Vorhaltefehler (bei bewegten Zielen oder Seitenwind).

Die ersten können verringert werden, wenn die Flugbahn gestreckt ist, den zweiten wirken kurze Flugzeiten und geringe Windempfindlichkeit entgegen.

Die Flugbahnstreckung lässt sich anschaulich über den **Visierbereich** messen. Unter dem zu einer bestimmten Distanz D und zu einer gegebenen Zielhöhe H gehörenden Visierbereich verstehen wir die Strecke, längs der das Geschoss sich innerhalb der Zielhöhe befindet (Bild 3).

Der Visierbereich gibt somit gerade den zulässigen Distanzschätzfehler an, bei dem das Ziel noch getroffen wird. Je gestreckter die Flugbahn, desto

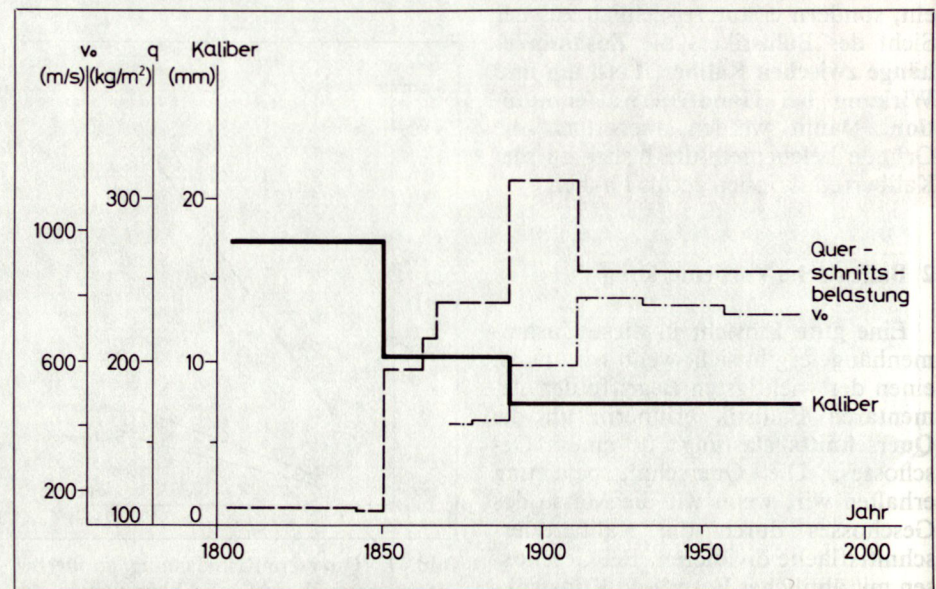


Bild 2. Kaliber, Querschnittsbelastung und  $v_0$  in Abhängigkeit der Zeit.

grösser ist der Visierbereich und damit der zulässige Distanzschätzfehler.

### Wie wirkt sich nun eine Kaliberverkleinerung auf den Geschossflug aus?

Die Flugbahn eines Geschosses wird im wesentlichen von zwei Kräften (bzw. ihren Verzögerungen) bestimmt:

- Luftwiderstand,
- Erdanziehung.

Die Verzögerung, die ein Geschoss infolge des Luftwiderstandes erleidet, ist unter anderem von den folgenden Grössen abhängig:

Querschnittsbelastung: Je grösser die Querschnittsbelastung, desto kleiner die Verzögerung.

Geschwindigkeit: Je grösser die Geschwindigkeit, desto grösser die Verzögerung.

Geschossform: Mit der Geschossform kann die Verzögerung stark verändert werden, und zwar desto besser, je grösser die Fluggeschwindigkeit ist.

Die durch die Kaliberverkleinerung innenballistisch vorteilhaft sich auswirkende Verkleinerung der Querschnittsbelastung verhält sich damit aussenballistisch ungünstig. Diese Verhältnisse lassen sich einfach überblicken, wenn wir den **Visierbereich** verschiedener Geschossauslegungen **über der Schussdistanz** darstellen (Bild 4). Für kurze Distanzen ist die grosse Mündungsgeschwindigkeit dominant, und Geschosse mit kleinen  $q$  ergeben trotz grosser Verzögerung sehr gestreckte Flugbahnen. Mit Zunahme der Schussdistanz wird jedoch die Bahn stark gekrümmt und der Visierbereich sehr rasch klein. Umgekehrt hat ein Geschoss mit grossem  $q$  wegen der geringeren Geschwindigkeit bei kurzen Distanzen einen relativ kleinen Visierbereich, der sich jedoch wegen der geringen Verzögerung wesentlich langsamer verkleinert und daher von einer gewissen Distanz an zum grössten wird.

Die Darstellung der Abbildung 4 gestattet, für eine gegebene maximale Einsatzdistanz **das ballistisch günstige Kaliber** zu bestimmen.

Die Windempfindlichkeit eines Geschosses ist seiner Verzögerung proportional. Daraus folgt, dass eine Kaliberverkleinerung zwangsläufig die Windempfindlichkeit vergrössert. Andererseits nimmt diese mit zunehmendem  $v_0$  ab, so dass eine wenigstens teilweise Kompensation eintritt.

Nun besteht jedoch die Möglichkeit, die aussenballistischen Nachteile einer kleinen Querschnittsbelastung durch die **Wahl einer guten Geschossform** zu verringern. Aufgrund aerodynamischer Rechnungen lässt sich ein Geschoss so formen, dass sein Luftwider-

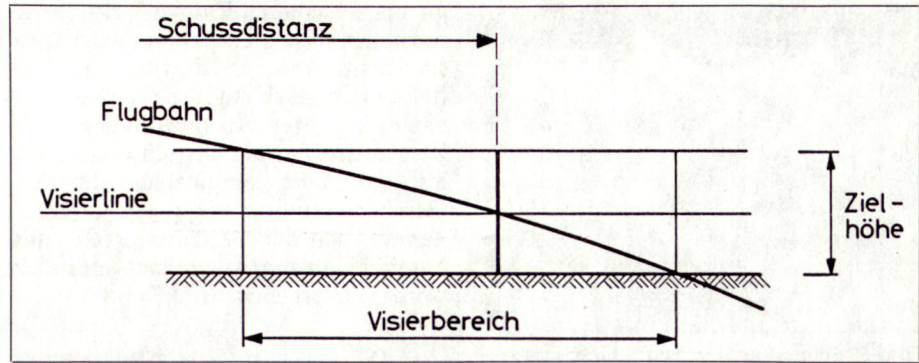


Bild 3. Visierbereich.

stand minimal wird. Ein derartiges Geschoss besitzt bei 500 m Distanz bereits 40% mehr Energie und eine um 25% geringere Windempfindlichkeit als ein herkömmliches mit gleicher Masse und  $v_0$ .

Den durch die Kaliberverkleinerung erreichten Vorteilen wie grosse Anfangsgeschwindigkeit und kleines Waffen- und Munitionsgewicht stehen aussenballistische **Nachteile** wie beschränkte Einsatzdistanz und grössere Windempfindlichkeit gegenüber. Durch sorgfältige Wahl der Geschossform lassen sich diese Nachteile jedoch verringern.

## 6 Zielballistische Konsequenzen

Die Beurteilung der **Wirkung eines Gewehrgeschosses in einem Ziel** ist viel problematischer als die innen- und aussenballistischen Leistungen, da dabei Faktoren mitspielen, die quantitativ sehr schlecht erfassbar sind (Materialeigenschaften, Geschoss- und Zieldeformationen usw.). Prinzipiell lässt sich ein Unterschied zwischen harten und weichen Zielen machen.

### 6.1 Harte Ziele

In harten Zielen soll eine möglichst grosse Strecke durchschlagen werden. Diese **Durchschlagsleistung** ist in erster Linie von der Energiedichte am Auftreffpunkt abhängig und diese wiederum von der Auftreffgeschwindigkeit und von der Querschnittsbelastung.

Eine Kaliberverkleinerung führt wegen der geringeren Querschnittsbelastung und der grösseren Verzögerung in der Regel zu kleineren Durchschlagsleistungen. Allerdings spielt hier die Geschosskonstruktion eine wesentliche Rolle, da Deformation oder Zerschneiden eines Geschosses die Durchschlagsleistung stark verringern. Es kann daher in gewissen Fällen vorkommen, dass grössere Kaliber kleinere Leistungen aufweisen als kleinere Kaliber.

### 6.2 Weiche Ziele

Die Wirkung von Geschossen in weichen Zielen wird nach der Energie beurteilt, die das Geschoss beim Durchdringen des Zieles abzugeben vermag. Je grösser die Energieabgabe ist, desto grösser wird die Wirkung.

Die Energieabgabe ist unter anderem von den folgenden Grössen abhängig:

- **Querschnittsbelastung** des Geschosses. Je kleiner die Querschnittsbelastung, desto grösser wird die Energieabgabe.

- **Anstellwinkel**. Mit zunehmendem Anstellwinkel wird die in Flugrichtung stehende Querschnittsfläche grösser. Damit nimmt die Querschnittsbelastung ab und die Energieabgabe zu.

- **Momentane Energie**. Unter sonst gleichen Bedingungen gibt ein energiereicheres Projektil auch mehr Energie ab als ein energieärmeres.

- **Geschoszerfall**. Zerbricht ein Geschoss im Ziel, gewollt oder ungewollt, so wird schlagartig die Energieabgabe erhöht, da jeder Splitter eine viel kleinere Querschnittsbelastung hat und damit seine Energie besser abgeben kann. Je mehr Teile entstehen, desto grösser wird dieser Effekt.

Kleinere Kaliber haben somit wiederum wegen der kleineren Querschnittsbelastung eine höhere Energieabgabe und damit eine grössere Wirkung. Umgekehrt ist die Auftreffener-

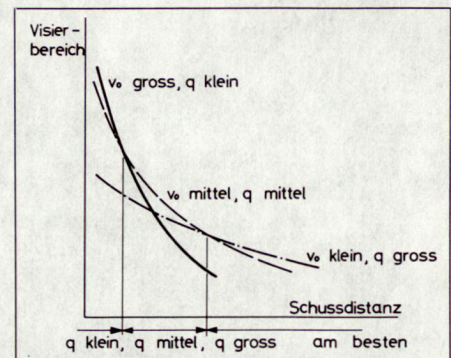


Bild 4. Verhältnis Schussdistanz/Visierbereich.

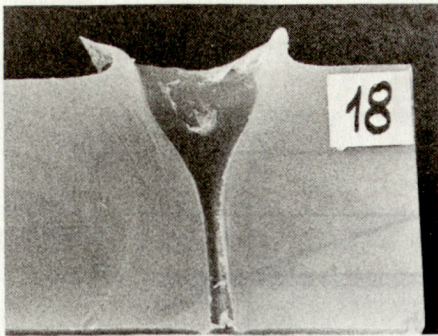


Bild 5. Schusskanal in Seife, Geschoss zerfallen.

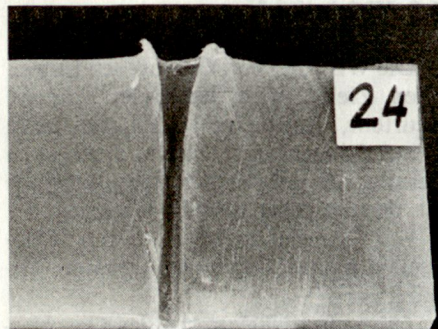


Bild 6. Gleiches Geschoss mit grösserem Drall verschossen, kein Geschosserfall.

gie beim kleineren Kaliber kleiner, was normalerweise die Wirkung wieder abschwächt. Andererseits wird ein aerodynamisch stark stabiles Geschoss mit einem kleineren Anstellwinkel auf ein Ziel auftreffen als ein schwach stabiles, so dass die Energieabgabe über die Geschossstabilität gesteuert werden kann. Auch der Geschosserfall kann damit begünstigt oder gar verhindert werden. (Vergleiche Bild 5 und 6.)

Durch geeignete Geschossmantelkonstruktion und Wahl der Stabilität lässt sich somit in jedem Kaliber ein Geschoss entwerfen, das den internationalen Vereinbarungen genügt.

#### 7 Zusammenfassung und Ausblick

Mit einer Kaliberverkleinerung erreichen wir grössere Anfangsgeschwindigkeiten und kleinere Waffen- und Munitionsgewichte. Diese Vorteile müssen mit einigen Nachteilen in der Aussen- und Zielballistik erkauft werden, wobei in erster Linie die Einsatzdistanz verkürzt wird. Bei guter Auslegung des Waffensystems lassen sich jedoch diese Nachteile in erträglichem Rahmen halten.

Die dritte Kaliberreduktion ist bereits weitgehend vollzogen. Die USA führten schon in der zweiten Hälfte der 60er Jahre das Kaliber 5,56 mm (.223) ein. Israel und Russland sind mit Waffen dieser Grössenordnung ausgerüstet. Schweden hat sich ebenfalls für das Kaliber 5,56 mm entschieden. Die NATO hat kürzlich nach ausgedehnten Versuchen mit verschiedenen Waffen und Munitionen die Einführung des 5,56-mm-Kalibers beschlossen. England und Deutschland haben bereits Waffen mit Kaliber < 5 mm vorgestellt. Die deutsche Waffe arbeitet mit hülsenloser Munition.

Die Waffen- und Munitionsentwicklung geht weiter. Ob sie uns aber eine 4. Kaliberreduktion bringen wird, ist ungewiss.

(Anmerkung der Redaktion: Der Entscheid über Typenwahl der Nachfolgewaffe des Sturmgewehrs wird erst in zwei, drei Jahren fallen. Erste Truppenversuche sollen bereits in diesem Jahr stattfinden. Neue Waffe kaum vor 1990.)

Sektor Maschinen- und Apparateindustrie

**Total nach Mass**

**Teile aus Gummi von Bally CTU. Form und Beschaffenheit nach Angaben des Konstrukteurs. Jeder Formteil eine Problemlösung:**

064 - 40 14 22

**Gummi-Formteile**  
**Bally CTU**

Bally CTU - Chemisch-Technische Unternehmungen - 5012 Schönenwerd