

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Vollständiges Taschenbuch für Kunst- und Lustfeuerwerker und Liebhaber dieser Unterhaltung**

**Pesth, 1820**

12) Bemerkungen über die Ursachen des verschiedenen Verhaltens zwischen massiv geladenen und gebohrten Hülzen, sowie über einige andere Gegenstände der Raketen etc.

[urn:nbn:de:bsz:31-101252](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-101252)

man dann eine Luftpumpe mit weißen und eine mit rothen Sternen schief gegen einander stellen und abbrennen, was eine gute Wirkung macht.

Um diesem Feuerwerksstücke noch einen mannichfaltigeren, schöneren Effekt zu geben, kann man zu den Sternen auch Säze von den verschiedensten Farben nehmen, wobei jedoch für eine passende Nebeneinanderbringung der zugleich abbrennenden Farbensäze nothwendigerweise gesorgt werden muß, damit sich dieselben in ihrer Wirkung gegenseitig unterstützen, oder, richtiger, ergänzen können. Es erscheinen nämlich die Farben für sich dem Auge anders, als wie sie eigentlich sind, und jede derselben bedarf daher, um sich in ihrem wesentlichen Lichte darzustellen, einer sogenannten Ergänzungsfarbe. Roth z. B. erheischt Grün als Ergänzungsfarbe, Grün dagegen Roth, Violett — Gelb, Gelb — Violett, Blau — Orange, Orange — Blau; doch können auch verwandte Farben die zur Ergänzung dienlichen ersetzen, sonach Blau statt Grün und Violett, Violett statt Roth, Roth statt Orange genommen werden. Die weiße Farbe, als der Zusammenfluß aller andern Farben, kann diese natürlich auch insgesammt einigermaßen ergänzen.

12) Ueber die Ursachen des verschiedenen Verhaltens zwischen massiv geladenen und gebohrten Hülsen, so wie über einige andere Gegenstände der Verfertigung der Raketen etc. — Hierüber bemerkt der bekannte schlesische Feuerwerker Herr Martin Websky (Zeitschrift für Pyrotechniker aller Art, Bd. II. S. 65) Folgendes:

Schwärmer von kleinem Kaliber bewegen sich rascher, als Schwärmer größeren Kalibers. Feuerräder von massiv geladenen Hülsen kleinen Kalibers drehen sich schneller, als Feuerräder von Hülsen größeren Kalibers.

Mit Mehlpulver massiv geladene Hülsen, an einen Stab gebunden, steigen, gleich Raketen, wenn ihr inneres Kaliber unter vier Linien ist, bei sechs Linien in-

neru Kalibers oder noch größerem steigen sie gar nicht mehr.

Dagegen müssen gebohrte Hülsen (Raketen) bei steigendem Kaliber mit immer fauleren Sägen geladen werden, wenn sie nicht bersten sollen.

Diese Erfahrung führt uns zu folgender Frage: „Warum nimmt bei massiv geladenen Hülsen die drückende Kraft des verbrennenden Sages ab mit dem steigenden Kaliber, während diese Kraft bei gebohrten Hülsen mit dem steigenden Kaliber sich steigert?“

Eine jede brennende Sagsfläche in einer Hülse erzeugt eine gewisse, der Größe dieser Fläche analoge Kraft, welche auf die hinter ihr liegende Last drückt.

In einer jeden geladenen Hülse brennt der Sagscylinder an seiner entzündeten Fläche schichtweis ab und erzeugt in jedem Zeitmomente seiner Brennzeit eine bestimmte Kraft.

Denken wir uns nun, in einer massiv geladenen Hülse, die brennende Kreisfläche des Sagscylinders in unendlich kleine Quadrate getheilt, und legen wir jedem dieser Quadrate eine bestimmte, aber gleiche Kraftäußerung bei, so wird bei allen Kalibern die Summe dieser kleinen Quadrate gleich sein der Summe der einzelnen Kraftäußerungen in einem jeden Zeitmomente. Vergleichen wir aber die Summe der Kraftäußerungen mit der vorhandenen Last bei verschiedenen Kalibern, so werden wir finden, daß das Verhältniß der Kraft zur Last, nicht gleich bleibt, sondern daß mit dem steigenden Kaliber dieß Verhältniß immer kleiner wird, d. h. die Last gegen die Kraft zunimmt.

Wir wollen, um dieß zu beweisen, drei verschiedene Kaliber, von vier, acht und zwölf Linien mit einander, wie folgt, vergleichen:

a) Kaliber von 4 Linien. — Wir nehmen an, daß eine bleierne Kugel von 4'' Durchmesser 60 Gran wiege, und wir setzen diese Kugel als Last für das vierlinigte Kaliber bei einer massiv geladenen Hülse; ferner nehmen wir an, daß eine jede Quadratlinie der ge-

brannten Satzfläche eine Kraft von 10 Gran ausübe, in einem jeden oder in einem bestimmten Zeitmomente. Die brennende Quadratfläche in einer brennenden Hülse von 4'' Kaliber ist 12,56 □'', und es drücken demnach 125 Gran Kraft auf 60 Gran Last, oder die Last verhält sich zur Kraft wie 1 : 2,09.

b) Kaliber von 8 Linien. — Wenn eine bleierne Kugel von 4'' Kaliber 60 Gran wiegt, so wiegt eine bleierne Kugel von 8'' Durchmesser 480 Gran.

Die brennende Kreisfläche ist in einer 8'' Hülse 50,26 □'', und es drücken daher 502 Gran Kraft auf 480 Gran Last, oder die Last verhält sich zur Kraft wie 1 : 1,04.

c) Kaliber von 12 Linien. — Wenn eine bleierne Kugel von 8'' Durchmesser 480 Gran wiegt, so wiegt eine bleierne Kugel von 12'' Durchmesser 1620 Gran. Die brennende Kreisfläche in einer 12linigten Hülse ist 113,02 □'', und es drücken demnach 1130 Gran Kraft auf 1620 Gran Last, oder die Last verhält sich zur Kraft wie 1 : 0,69.

Aus dieser Berechnung geht nun klar hervor, daß bei massiv geladenen Hülsen die Kraftäußerungen auf die Last mit dem steigenden Kaliber abnehmen, und daß wir, um eine genügende Kraftäußerung zu erhalten, mit den steigenden Kalibern auch kräftigere Sätze anwenden müssen.

Die Kraftvermehrung eines Satzes, als Satz allein, hat aber seine Grenze. Der kräftigste Satz, den wir für den vorliegenden Zweck besitzen, ist das reine Mehlpulver; da, wo nun für die verlangte Wirkung dieser Satz — oder die Kraft desselben an und für sich — nicht mehr ausreicht, greifen wir zu einem mechanischen Mittel, um die Kraftäußerung des Satzes zu vergrößern. Wir vergrößern nämlich die brennende Satzfläche, ohne das Kaliber der Hülse zu verändern, und dieß geschieht durch die Bohrung; eine solche gebohrte Hülse heißt dann eine Rakete. Ob diese Bohrung durch wirkliches Einbohren in den Satz einer massiv ge-

ladenen Hülse, oder mittels Einsetzung eines Dorns in den Satz erzeugt wird, bleibt sich natürlich ganz gleich.

Die größere Kraftäußerung, welche eine gebohrte Hülse gegen eine mit gleichem Satze massiv geladene Hülse gleichen Kalibers äußert, beruht demnach lediglich darauf, daß mittels der Bohrung in ersterer eine größere Satzfläche auf einmal in Thätigkeit kommt, als in letzterer.

Das abnehmende Verhältniß der Kraft zur Last findet indeß mit dem steigenden Kaliber bei gebohrten Hülsen eben so statt, wie bei massiv geladenen, wie sich dieß durch Rechnung ebenfalls beweisen läßt.

Wir wollen zu diesem Zwecke obiges Kaliberverhältniß, welches wir für die massiv geladenen Hülsen annehmen, so wie dieselben Gewichtsverhältnisse auch hier beibehalten, und nehmen ferner noch an, daß die Hülse sechs Kaliber tief und ein Viertel Kaliber weit gebohrt, und daß die Bohrung vollkommen cylindrisch sei (Letzteres, ob die Bohrung cylindrisch oder konisch sei, hat auf unsere Rechnung weiter keinen Einfluß in Betreff der Vergleichung verschiedener Kaliber).

α) Kaliber von 4 Linien. — Nach den hier angegebenen Verhältnissen der Bohrung ist demnach die brennende Satzfläche  $74,14 \square'''$ , und es drücken 761 Gran Kraft auf 60 Gran Last, oder die Last verhält sich zur Kraft wie 1 : 12,68.

β) Kaliber von 8 Linien. — Die brennende Satzfläche ist demnach  $304,58 \square'''$  und es drücken 3045 Gran Kraft auf 480 Gran Last, oder die Last verhält sich zur Kraft wie 1 : 6,34.

γ) Kaliber von 12 Linien. — Die brennende Satzfläche ist demnach  $685,30 \square'''$ , und es drücken 6853 Gran Kraft auf 1620 Gran Last, oder die Last verhält sich zur Kraft wie 1 : 4,23.

Zufolge dieser Berechnung müßten nun Raketen von größerem Kaliber mit kräftigeren Säzen geladen werden, als Raketen von kleinerem Kaliber; dem widerspricht aber gänzlich die Erfahrung, welche die Feuerwerker gemacht haben wollen, indem sie sagen: „je größeren

Kalibers die Raketen sind, desto fauler muß der Satz sein.

Obschon alle Feuerwerker zeither dieser Ansicht huldigten, so hält Herr Websky selbe dennoch für einen Irrthum, welcher daraus entstanden ist, daß sie den Gegenstand keiner gründlichen Untersuchung gewürdigt haben. Derselbe versichert, daß er die Raketen von 3 bis 18 Linien innern Kalibers (größere fertigte er nie) alle mit einem und demselben Lade und daß dennoch die großen Raketen nicht allein mit verhältnißmäßig minderer Kraft, als die kleineren, sondern auch nicht so hoch stiegen, als sie nach dem Verhältnisse ihrer Kaliber steigen sollten, was nach obiger Berechnung auch der Fall sein muß.

Es ist allerdings nicht zu leugnen, daß große Raketen zuweilen plagen, wenn sie mit einem Satze geladen sind, dessen Stärke Raketen von kleinerem Kaliber vertragen; allein diese Erscheinung hat ihren Grund nicht in einem etwaigen Irrthum in der Berechnung zwischen Last und Kraft, sondern beruht auf mancherlei anderweitigen physikalischen und mechanischen Einwirkungen, welche bei obiger Berechnung nicht in Anschlag gebracht werden konnten, als z. B. folgende, zu erwägende Umstände:

Die Feuerwerker machen in der Regel die Hülsen größerer Kaliber verhältnißmäßig dünner, als die kleinerer Kaliber, wahrscheinlich bloß, um Material und Arbeit zu sparen, denn sonst scheint kein Grund hierfür vorhanden. Man findet in den älteren Feuerwerkschriften häufig die Angabe:

„Die Hülse muß ein Drittel äußern Kalibers stark sein bei kleinen Kalibern, bei großen Kalibern ist ein Sechstel-Kaliber hinreichend.“

Nun kann aber eine dünnere Hülse doch nie den Widerstand leisten, welche eine dickere Hülse zu leisten im Stande ist; daher mußten die Feuerwerker bei großen Kalibern auch schwächere Sätze anwenden, wenn die Hülsen nicht bersten sollten.

Es ist ohne besondere Vorrichtungen, mit den gewöhnlichen Mitteln, nicht möglich, Hülsen von großem Kaliber so dicht und fest zu rollen, wie Hülsen von kleinem Kaliber; eine weniger dichte Hülse hat aber auch natürlich weniger Widerstandskraft, als eine dichtere von gleicher Stärke.

Eine größere Quantität Satz verbrennt verhältnißmäßig schneller, als eine kleinere Quantität im Vergleich ihrer kubischen Massen; daher wird bei größeren Raketen die positive Kraft des Satzes in einer kürzeren Zeit entbunden, als bei kleineren Raketen. Gleiche Erwägung erheischt ferner die größere oder mindere Verdichtung des Satzes; welchen Einfluß diese auf die Verbrennungsgeschwindigkeit und auf die Kraftäußerung des Satzes hat, ist hinlänglich bekannt, nur sind wir aber mit den gewöhnlichen Mitteln nicht im Stande, den Satz in einer großen weiten Hülse eben so dicht zu komprimiren, wie in einer kleinen, engen, und schwerlich läßt sich hierin ein sicheres Maß feststellen und im Allgemeinen festhalten; daher kann auch ein und derselbe Satz, je nach dem Maße seiner Kompression, sehr verschiedene Resultate in Betreff seiner Kraftäußerung liefern. Wir müssen ferner auch nicht vergessen, daß die Dichtigkeit des Mediums, in dem die Raketen steigen, der Luft, für alle Kaliber gleich bleibt, so wie die Trägheit der Masse bei verschiedenen Kalibern in einem andern Verhältnisse steht, als die Längenkaliber unter sich. Alle diese mancherlei verschiedenen Verhältnisse können allerdings große Differenzen zwischen Theorie und Praxis ergeben.

Man vergleiche „Martin Weßky's Luftfeuerwerkerei“, 5. sehr vermehrte Ausgabe, bei Ferd. Hirt in Breslau, 1847. S. 36, S. 55.

Die oben angegebene Berechnung zwischen Last und Kraft bei gebohrten Hülsen ist allerdings nur richtig für den ersten Moment der Entzündung der Satzfläche (obschon das allgemeine Verhältniß zwischen verschiedenen Kalibern sich auch weiterhin nicht ändert); denn da in einer gebohrten Hülse der Satz nach der Seite zu ab-

brennt, so wird mit den fortschreitenden Verbrennungsmomenten die brennende Fläche immer größer, und es muß daher die Rakete vom ersten Moment bis zum letzten der Brennungszeit der *Sagwand* an Kraft zunehmen, was auch in der That der Fall ist. Wir sehen zuweilen Raketen einige Augenblicke lang auf dem Nagel verweilen, ehe sie steigen. Diese Erscheinung hat keinen andern Grund, als den, daß die brennende *Sagfläche* für den ersten Moment noch zu klein ist, um die nöthige Kraftäußerung auszuüben, und erst so groß werden muß, um die zum Steigen der Rakete nöthige Kraft entwickeln zu können. Dieß Verweilen auf dem Nagel bemerken wir am häufigsten bei großen Raketen, bei kleinen fast nie, was ebenfalls wieder beweist, daß große Raketen mit stärkerem *Sage* geladen werden sollten. Ladet man eine Rakete mit einem faulen *Flammenfeuersage*, so sieht man ganz deutlich, daß die Flamme mit der fortschreitenden Verbrennung des *Sages*, von Anfang bis zu Ende, immer heftiger wird, d. h. so lange das Verbrennen der *Sagwand* dauert.

In einer Rakete ist es allein die brennende *Sagwand*, welche die Steigkraft erzeugt; der schichtweis mit verbrennende Theil, welchen wir die *Zehrung* nennen, trägt zum Steigen der Rakete gar nichts, wenigstens nichts Merkwürdigen bei: sobald die *Sagwand*, welche die Bohrung umschließt, verbrannt ist, ist auch die Steigkraft der Rakete zu Ende, die Rakete steigt aber noch so lange fort, mittels der empfangenen Stoßkraft, so lange diese gegen den Widerstand der Luft ausreicht, eben so wie eine aus einem Geschütz geworfene Kugel. Die Brennungszeit der *Sagwand* in einer Rakete ist aber sehr kurz, viel kürzer, als es dem Auge erscheint: der Strahl, welchen wir von der Rakete sehen, entsteht meist nur aus der schichtweis verbrennenden *Sagfläche* der *Zehrung*.

Ladet man eine Rakete nur bis zu Ende des *Dornes* der Bohrung, und ladet man den übrigen Theil der Hülse mit einem unbrennbaren Stoffe voll, d. h. ladet man in eine Rakete gar keine *Zehrung*, so sieht man die

Rakete nur einen sehr kleinen Zeitmoment lang steigen, die Rakete fliegt jedoch wie eine andere gleich hoch, aber nicht mehr sichtbar für uns, weil aus ihr keine Funken mehr ausströmen, sobald die Sagwand verzehrt ist. In einer Rakete ist die Zeitdauer der wirkenden Kraft, oder, was eins ist, die Verbrennungszeit der wirkenden Sagwand, so kurz, daß wir die Gesamtkraft, welche erzeugt wird, als einen einzigen Stoß betrachten können, eben so wie bei einem jeden andern Geschos. Hält man einige Zoll hoch über die Spitze einer zum Anbrennen aufgestellten Rakete ein dünnes Bretchen, ein Lineal, so empfindet man, wenn die Rakete an dieß Bretchen stößt, einen einzigen Stoß in der Hand, die Rakete fällt dann sogleich zu Boden und brennt hier ruhig aus, ohne sich im mindesten weiter fortzubewegen.

Man sollte meinen, daß, wenn man mehrere Raketen zusammenbindet, dieser Körper eben so hoch steigen müßte, wie eine jede dieser Raketen einzeln gestiegen sein würde; es ist dieß aber nicht der Fall, die zusammengebundenen Raketen steigen zusammen weniger hoch, zuweilen auch gar nicht; die Ursache dieser Erscheinung ist diese: Es ist nicht möglich, daß bei mehreren zugleich entzündeten Raketen die Entzündungsmomente aller in einem Momente zusammenfallen, sondern es wirkt die Kraft jeder einzelnen Rakete in einem andern Zeitmomente, und es wird daher die Gesamtkraft der vorhandenen Raketen gegen die Gesamtlast zersplittert und die ganze Masse nicht mit der ganzen Summe der einzelnen Kräfte in einem Moment gehoben.

Die ältern Feuerwerker haben sich vielfältig bemüht, für jedes Kaliber die Dicken und Längen der Dornen (die Bohrung), eben so auch die Konstruktion des Sages für jedes Kaliber zu bestimmen. Obschon eine solche Arbeit in der That eben so nutzlos als thöricht ist, so könnte man demungeachtet doch veranlaßt sein, zu fragen:

„Welches ist nun aber das beste Verhältniß der Längen und Dicken der Raketendornen für alle Kaliber im Allgemeinen?“

Man kann hierauf nur antworten:

„Das beste Verhältniß ist das, welches bei einem gewissen Sage die beste Wirkung macht.“

Da die Kraftäußerung eines gewissen Sages, als Satz an und für sich, sich wohl schwerlich mit Bestimmtheit berechnen läßt, da hier zu viele unberechenbare physikalische Einflüsse mitwirken, so können wir uns hierin bloß durch die praktische Erfahrung leiten lassen. Ein Feuerwerker hat den Dorn kurz, der andere lang, dieser dick, jener dünn, der eine nimmt einen faulen, der andere einen raschen Satz, und dennoch können alle Raketen, so verschieden konstruirt, gute Wirkung machen.

Die größere oder mindere Kraft, welche Raketen gleichen Kalibers ausüben können, hängt bei einem und demselben Sage und gleicher Verdichtung desselben allein von der Länge des Dorns, der Länge der Bohrung, ab. Die Dicke des Dornes hat fast gar keinen, mindestens keinen bedeutenden Einfluß. Ein dicker Dorn verursacht bloß eine stärkere Kraftäußerung im ersten Momente der Entzündung, als ein dünnerer, weil die brennende Satzfläche im ersten Momente größer ist; dagegen verringert ein dicker Dorn die Zeitdauer der wirkenden Kraft, weil die vorhandene Satzwannd bei einem dicken Dorne geringer in ihrer Breite ist, als bei einem dünnen Dorne. Man könnte wohl auch annehmen, daß bei einer starken Kompression des Sages das, was der Satz dadurch an Raschheit verliert, durch eine in die Hülse hineingebrachte größere Satzquantität wieder ersetzt werden müßte; allein alle diese Dinge, welche der Theorie nach ganz richtig erscheinen, ergeben in der Praxis gar keine bemerkbare Unterschiede, wenigstens nicht für den Zweck der Luftfeuerwerkerei.

Die konische Form der Raketendornen, über deren Bestimmung, hinsichtlich ihrer obern und untern Stärke, die Feuerwerker so viel gefabelt haben, ist ganz unwesentlich. Der Dorn muß nur darum konisch sein, damit man die darüber geladene Rakete leichter davon herunterziehen könne, als wenn der Dorn cylindrisch

wäre. Bohrt man die Seele einer über einen konischen Dorn geladenen Rakete mit einem Löffelbohrer cylindrisch aus, so steigt die Rakete, gleich jeder andern mit konischer Seele.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Kraftäußerung einer Rakete hat aber die Größe der Ausströmungsöffnung aus physikalischer Ursache. Eine kleine enge Ausströmungsöffnung hemmt mehr oder weniger das Ausströmen der entbundenen Gase; diese erlangen bei ihrem längeren Verweilen in der Hülse, mittels der vorhandenen Temperatur, eine höhere Spannung, und die drückende Kraft wird dadurch stärker.

Ladet man eine Rakete, deren Hülse gar nicht gewürgt ist, so steigt sie ebenfalls, nur mit einer etwas schwächeren Kraft, als eine gewürgte.

Nachdem wir nun gesehen haben, daß die größere oder mindere Steigkraft der Raketen theoretisch nur allein auf dem Verhältnisse zwischen der vorhandenen Größe der brennenden Satzfläche und der positiven Kraft des angewandten Satzes beruht, so entsteht die Frage:

„Warum ladet man die Raketen mit einem faulen Satz und erzeugt die nöthige Kraft mittels längerer Bohrung, während man doch der Theorie nach alle Raketen mit Mehlpulver, als dem kräftigsten Satz, ladet, dabei die Bohrung kürzer machen und an Material und unnöthiger Last ersparen könnte?“

Die Antwort hierauf ist diese:

„Man könnte dieß allerdings thun, wenn das, was die Luftfeuerwerkerei von einer Rakete verlangt, bloß das Steigen derselben wäre; die Luftfeuerwerkerei verlangt aber neben dem Steigen auch die Anschauung des Steigens. Ein rascher Satz brennt kürzere Zeit, als ein fauler; daher führt ein rascher Satz die Rakete schneller zu der Höhe, welche sie erreichen kann, und die Zeit ist für das Anschauen kürzer bei einem raschen Satz, als bei einem faulen. Ein rascher Satz wirft ferner weniger Funken aus, als ein fauler, weil ein rascher Satz in einer gewissen Quantität weniger funkengebendes Mate-

rial enthält, als ein fauler Satz. Es macht ein fauler Satz eine angenehme Wirkung auf das Auge, als ein rascher Satz, und es möchte daher für den Gesichtseffekt zweckmäßiger sein, sich für die Raketen faulerer Funkenfeuersätze zu bedienen und den Raketen für die nöthige Kraftäußerung die hinlängliche Bohrlänge zu geben, als eine kurze Bohrlänge und raschere Sätze anzuwenden.

Für die Luftfeuerwerkerei scheint das beste Verhältniß der Raketendornen, oder, was eins ist, das Verhältniß der Bohrung zu dem Kaliber folgendes zu sein: Die Bohrung sieben Kaliber tief und die Ausströmungsöffnung zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$  Kaliber weit.

Es ist für das Auge gar kein Gewinn, eine Rakete möglichst hoch steigen zu lassen: geht eine Rakete über 1000 bis 1200 Fuß hoch (welche Höhe die Raketen gewöhnlich erreichen), so wird der Schwinkel schon so klein, daß wir, ohne wirkliche Messung, schon keinen Unterschied mit dem Auge mehr wahrnehmen, auch verschwindet bei einer von der Rakete erreichten größeren Höhe der Effekt der Bersehung der Rakete (ihr Auswurf) gar zu sehr.

Die kongrövischen Raketen sollen mit reinem Kornpulver geladen werden, welches mittels einer hydraulischen Presse in der Hülse komprimirt wird; sie erhalten daher nur eine kurze Bohrung und die Hülse hat wahrscheinlich gar keine verengte Brandöffnung. Diese Einrichtung ist nach der hier aufgestellten Theorie auch ganz richtig, weil es bei den Kriegsraketen gar nicht auf den Anblick ankommt, den ihr Steigen gewährt, sondern nur darauf, die Mittel für die verlangte Kraftäußerung in einen möglichst kleinen Raum zusammenzubringen.