
Ing. Stefan Schipke

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Brandschutzwesen und Feuerpolizei
Bereichsleiter-Stellvertreter Seminarwesen der BVS – Brandverhütungsstelle für Oberösterreich

Ermittlung empirischer Daten pyrotechnischer Gegenstände durch Realversuche

1. Einleitung

Ein schönes Feuerwerk ist für viele Menschen der Höhepunkt des alljährlichen Silvesterfestes und damit Auftakt für einen gelungenen Jahreswechsel. Doch was auf der einen Seite Genuss und Freude bedeutet, bringt auf der anderen Seite alljährlich auch Lärm, Brandgefahren und Unfälle mit sich. Vielen Menschen sind die Gefahren und die richtige Handhabung pyrotechnischer Artikel nicht bewusst. Auch Produkte, die über keine (oder eine gefälschte) CE-Kennzeichnung verfügen, stellen ein enormes Risiko dar. Die Sachverständigen der BVS – Brandverhütungsstelle für Oberösterreich sind bei Verwaltungsverfahren, bei der Brand- und Explosionsursachenermittlung sowie bei Gerichtsverfahren laufend mit den negativen Auswirkungen des Themas „Pyrotechnik“ konfrontiert. Um in derartigen Fällen auf Messwerte und fundierte Daten zurückgreifen und die gesetzlich akzeptierten Risiken für Leib und Leben sowie für Sachwerte feststellen zu können, wurde eine pyrotechnische Versuchsreihe durchgeführt.

2. Zielsetzung

Jedes Jahr gibt es im Bereich der Pyrotechnik in Österreich einige Verletzte, manchmal sogar Tote und dazu reihenweise Versicherungsfälle aufgrund entstandener Sachschäden. Die seitens der BVS OÖ in St. Martin im Mühlkreis durchgeführten pyrotechnischen Versuchsreihen dienen dazu, das spezifische Verhalten bzw die Eigenschaften verschiedener Pyrotechnika beim Abschuss und somit die damit verbundenen Risiken aufzuzeigen. Die Ergebnisse können einerseits als Grundlage dienen, um die Produkte und ihre Handhabung zukünftig sicherer zu gestalten. Andererseits bilden sie die Basis in Behördenverfahren, Brand- und Explosionsursachenermittlungen, Gerichtsverfahren sowie für Beratungen. Mithilfe der Messdaten können mathematische Aussagen zu Flugbahn und Wurfweite von verschiedenen Produkten getroffen und auch Grundlagen für medizinische Bewertungen von Verletzungsmustern, Todeswahrscheinlichkeiten usw geschaffen werden.

3. Pyrotechnische Kategorien der Versuchsreihe

Im Rahmen der Versuchsreihe wurden verschiedene Produkte der Klassen F1, F2, F3 und F4 sowie nicht zugelassene und illegale Produkte getestet.

Um die Messwerte nicht zu verfälschen und exakte Aussagen treffen zu können, wurden alle Produkte einzeln abgefeuert. Auch Schusskisten wurden zerlegt und die einzelnen Schüsse jeweils separat gemessen. Zusätzlich wurde das genaue Abschussgewicht (ohne am Boden bleibendes Material und Treibsatz) gemessen. Denn nur so können in realen Fällen aussagekräftige Vergleiche getroffen werden (siehe Abbildung 1).

4. Risikoanalyse und Sicherheitsmaßnahmen

Die zweckwidrige Verwendung von Pyrotechnik ist gemäß Pyrotechnikgesetz 2010 verboten und birgt eine enorme Gefahr. Durch die Aufbauten der Messgerätschaften und den Versuchsablauf kann es zu unerwarteten Reaktionen und bodennahen Explosionen kommen. Aus diesem Grund wurde für die Versuche eine sehr umfangreiche Gefahren- und Risikoanalyse durchgeführt. Die Durchführung der Versuche erfolgte unter dem Einsatz hoher Sicherheitsstandards (wie beispielsweise umfangreiche persönliche Schutzausrüstung, Prall- und Splitterschutzwände, Personalcontainer aus Metall, Brandwache durch die Feuerwehr, vorgehaltenes Sanitätsmaterial für Verletzungen und Verbrennungen und einem ständig anwesenden Rettungssanitäter).

5. Messungen

5.1. Überblick

Bei den Versuchen wurden folgende Messwerte erhoben:

- entstehender Lärm beim Abschuss und bei der Explosion;
- Austrittsgeschwindigkeit der Effektladungen nach Abschuss;
- Rückstoß beim Abschuss und Aufprallenergie beim Auftreffen;
- Steighöhe unterschiedlicher Produkte;
- Druck im Abschussrohr von der Zündung bis zum Ausstoß;
- Temperaturverhalten unterschiedlicher Produkte (Verhalten bei Wärmeeinwirkung).

Ermittlung empirischer Daten pyrotechnischer Gegenstände durch Realversuche

Schuss	Schuss 2	Produkt	Info	Schuss	Schuss 2	Produkt	Info
RAKETEN				BÖLLER			
1h1.1		Klasek Miniraketen	17,3g Bg, 1395-F2-0110/2016	1h18.1		Pinto Schweizer Kracher	4g BG
1h1.2		Klasek Miniraketen		1h18.2		Pinto Schweizer Kracher	4g BG
1h1.3		Klasek Miniraketen		1h19.1		Nico LadyCracker	60,6g mehrere Schuss
1h2.1		Klasek Miniraketen mit Glitter	12,9g Bg 1395-F2-0110/2016	1h19.2		Nico LadyCracker	60,5g mehrere Schuss
1h2.2		Klasek Miniraketen mit Glitter		1h20.1		Panta LaBomba	14,7g 2,5g NEM
1h2.3		Klasek Miniraketen mit Glitter		1h20.2		Panta LaBomba	15,8g 2,5g NEM
1h3.1		Esco Party Rakete	69g Bg	1h21.1		Petarda DumBum	23,4g BG
1h3.2		Esco Party Rakete	73,5	1h21.2		Petarda DumBum	22,5g BG
1h3.3		Esco Party Rakete	71,7	1h22.1		Piramax Strobo	41,4g BG
1h4.1	1a7.1	kasek StormRocket	74g Bg kleinste Rakete aus Set	1h22.2		Piramax Strobo	42,8g BG
1h4.2	1a7.2	kasek StormRocket	76,1g Bg kleinste Rakete aus Set	1h23.1		jorge	13,9g BG
1h4.3		kasek StormRocket	73,5g Bg kleinste Rakete aus Set	1h23.2		jorge	12,9g BG
1h5.1	1a8.1	kasek StormRocket	97g Bg mittlere Rakete aus Set	1h24.1		Pinto Super Böller	52,5g BG 6gNEM
1h5.2	1a8.2	kasek StormRocket	94,8g Bg mittlere Rakete aus Set	1h24.2		Pinto Super Böller	49g BG 6gNEM
1h5.3		kasek StormRocket	3,5g Bg mittlere Rakete aus Set	1h25.1		Pyrotecnica Cobra 6	54g BG 0163-F4-1020
1h6.1	1a9.1	kasek StormRocket	196,1g Bg größte Rakete aus Set	1h25.2		Pyrotecnica Cobra 7	54g BG 0163-F4-1020
1h6.2	1a9.2	kasek StormRocket	187,8g Bg größte Rakete aus Set	1h26.1		No1	250g BG 100gNEM
1h6.3		kasek StormRocket	188,9g Bg größte Rakete aus Set	1h26.2		No1	250,5g GB 100gNEM
1h7.1	1a10.1	tarra Maxi Rocket	343g BG	1h27.1		Viper 5	69,4g BG
1h7.2	1a10.2	tarra Maxi Rocket	342,6g BG	1h27.2		Viper 6	70,2g BG
1h8.1	1a11.1	Klasek XXXL	431,2g BG	1h28.1		Viper 12	254,6 BG 60gNEM 1395-F4-1020
1h8.2	1a11.2	Klasek XXXL	405,5g BG	1h28.2		Viper 12	242 BG 60gNEM 1395-F4-1020
1h9.1		Jorge Meteor Rain	121,8g Bg 1395-F3-0529/2013	1h29.1		Giant Maroon	498,8g BG 200g NEM
1h9.2		Jorge Meteor Rain	122,5g BG	1h29.2		Giant Maroon	503,3g BG 200g NEM
1h9.3		Jorge Meteor Rain	122,1g BG	1h26.3		Nr1 Vergleichsmessung Freibereich	
	1a6.1	Rocky Rakete		KUGELBOMBEN			
	1a6.2	Rocky Rakete		1h30.1	1a30.1	Pericolo dark golden willow	65mm 88,7g BG ohne Treibladung
DIVERSE				1h30.2	1a30.2	Pericolo dark golden willow	65mm 88,7g BG ohne Treibladung
1h10.1		LFW Römisches Licht Color Pearl	66 gesamt bei 10 Schuss 0163-F2-0957	1h31.1	1a31.1	Helios Green Chysanthemum	75mm 199g bg ohne treibladung
1h10.2		klasek römisches Licht	109g BG bei 10 Schuss BAM-F2-2193, 1395-F2-0091/2016	1h31.2	1a31.2	Helios Blue Chysanthemum	75mm 199g bg ohne treibladung
1h10.3		Esco Römisches Licht	156g BG	1h32.1	1a32.1	Green chrys with green pistill	100mm 349,1g bg ohne treibladung
1h11.1		ehornet Wirbel	12,8g GB 6,21g NEM	1h32.2	1a32.2	Green chrys with green pistill	100mm 349,1g bg ohne treibladung
1h11.2		ehornet Wirbel	10,5g BG 6,21gNEM	1h33.1	1a33.1	White strobe with blood red dahila	125mm 745,8g BG ohne treibladung
1h11.3		ehornet Wirbel	11g BG 6,21g NEM	1h33.2	1a33.2	White strobe with blood red dahila	125mm 745,8g BG ohne treibladung
Schusskisten				1h34.1	1a34.1	Double crackling	150mm 1067g BG ohne Treibladung
1h12.1	1a1.1	Esco Celebration Countdown Box	37,8g BG ein Einzelschuss	1h34.2	1a34.2	Double crackling	150mm 1067g BG ohne Treibladung
1h12.2	1a1.2	Esco Celebration Countdown Box	43g BG ein Einzelschuss	1h35.3		Lärmarm wasserfall color	75mm
1h13.1	1a2.1	Klasek Hnusak Box	40g BG ein einzelschuss	1h35.4		lärmarm red falling leavs	75mm
1h13.2	1a2.2	Klasek Hnusak Box	40,2g BG ein einzelschuss	1h35.5		lärmarm red blue whatherfall	100mm
1h14.1	1h14.1	Esco Boogie Woogie Box	44,5g BG ein Einzelschuss	1h35.6		lärmarm red blue whatherfall	100mm
1h14.2	1h14.2	Esco Boogie Woogie Box	47,6g BG ein Einzelschuss	1h.35.7		lärmarm golden strobe whatherfall	150mm
1h15.1	1a3.1	Tarra Brocade Box	115g BG ein Einzelschuss 1395-F2-0351/2012				
1h15.2	1a3.2	Tarra Brocade Box	115,1g BG ein Einzelschuss 1395-F2-0351/2012				
1h16.1	1a4.1	JX Pyro Island of Adventure Box	132,7g BG ein Einzelschuss				
1h16.2	1a4.2	JX Pyro Island of Adventure Box	137,2g BG ein Einzelschuss				
1h17.1	1a5.1	Kasek Rocky Box	317,5 BG ein Einzelschuss				
1h17.2	1a5.2	Kasek Rocky Box	319,5g BG ein Einzelschuss				

Abbildung 1: Auflistung aller Schüsse im Überblick

5.2. Lärmmessungen

Bei der Verwendung von Feuerwerkskörpern entsteht unweigerlich Lärm, einmal verursacht durch das Abschussgeräusch (Treibladung) und einmal durch das zusätzliche Effektgeräusch (Zerlegerladung). Dieser Lärm ist immer wieder Anstoß für Diskussionen bis hin zu zivilrechtlichen Prozessen. Auch wenn Hersteller aus diesem Grund bereits lärmarmes Feuerwerk zur Verfügung stellen: Ganz ohne Geräuschkulisse geht es bei einem Feuerwerk nicht. Die Emissionen bzw Immissionen wurden bei der Versuchsreihe sowohl außerhalb des vorgeschriebenen Schutzabstands als auch innerhalb desselben gemessen (siehe Abbildung 2).

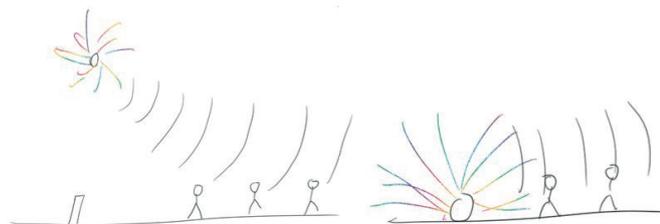


Abbildung 2: Messung der Emissionen bzw Immissionen sowohl außerhalb als auch innerhalb des Schutzbereichs

Gemessen wurde jeder einzelne Schuss mit zertifizierten Messgeräten durch Unterstützung von Fachleuten des

Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung. Dabei wurde das Mikrofon bei den unterschiedlichen Produkten immer in der Entfernung positioniert, die der Verbraucher typischerweise bei der Anwendung hat. Das entspricht zwar meist nicht dem vorgeschriebenen Schutzabstand, lässt sich aber mittels einer Formel für jede Entfernung umrechnen. Um eine Vergleichbarkeit der Produkte untereinander zu ermöglichen (da Dezibel [dB] keinen linearen Verlauf haben), wurden deshalb im Anschluss an die Messungen alle erhobenen Werte auf 20 m Entfernung umgerechnet und in Vergleichsversuchen messtechnisch bestätigt.

Auffällig war dabei, dass die Angaben auf den CE-gekennzeichneten Produkten (vor allem Kugelbomben) durchaus bestätigt werden konnten. Die Messwerte lagen mit +/- 4 dB sehr nahe bei den Angaben. Der Abschussknall war jedoch sehr unterschiedlich und ist nicht eindeutig nachvollziehbar. So war zB eine 65 mm Kugelbombe mit nur 128 dB doppelt so laut wie eine 150 mm Kugelbombe mit 118 dB. Bei anderen Schüssen wurde wiederum das Gegenteil gemessen. Dazu lieferten die Messungen der Steighöhe Aufschluss.

Außerdem war klar messbar, dass nicht nur das Effektgeräusch für den Lärm bei Feuerwerken verantwortlich ist. Auch der Lärm beim Abschuss ist erheblich und teilweise doppelt so laut wie der Effekt selbst.

Bestätigt wurde leider die enorme Lautstärke illegaler Produkte. Kein einziger Böller mit Zulassung in Österreich erreichte Lautstärken über 108 dB. Im Gegensatz dazu lagen alle importierten Produkte deutlich über diesem Wert. Ein aus dem Ausland importierter Böller (Produktname „No. 1“) erreichte die höchste gemessene Lautstärke bei den Versuchen. Die Explosion war in einem Abstand von 20 m mit 144 dB messbar. Das liegt klar über der Schmerzgrenze von 130 dB und ist damit viermal so laut wie ein startendes Düsenflugzeug, das im Vergleich dazu rund 120 dB erreicht. Und fünfmal lauter wie die in Österreich zugelassenen Böller. Sogar die gemessenen Kugelbomben bis 15 cm Durchmesser (professionelles Feuerwerk) erreichten nicht so hohe Werte und lagen unter 122 dB. Bei Werten ab 140 dB kann ein akutes oder chronisches Schalltrauma bei Personen auftreten, selbst wenn die Geräusche nur Bruchteile von Sekunden dauern (siehe Abbildung 3).

Bei den geräuschärmeren Produkten konnte festgestellt werden, dass der Ausstoß gleich laut wie bei anderen Produkten ist, jedoch die Zerleger- bzw Effektladung ausbleibt. Das heißt, bei lärmarmen Produkten kommt es zu bodenahem Lärm, der oft durch Gebäude, Wälder und durch das Gelände gebremst wird. Der in der Höhe entstehende Lärm bleibt jedoch nahezu aus. Die Lärmentwicklung bei Schusskisten bewegt sich in einem Bereich zwischen 100 dB und 120 dB. Das klingt nicht viel, wird aber aufgrund der Anzahl der Effekte und der vorwiegend hohen Geräuschfrequenz durchaus als sehr laut wahrgenommen (siehe Abbildung 4).



Abbildung 3: Gemessene Produktbeispiele

5.3. Austrittsgeschwindigkeit

Die Messung der Austrittsgeschwindigkeit stellt in Verbindung mit den nächsten Versuchen (Aufprallenergie) eine wichtige Größe bei Sach- und Personenschäden durch unsachgemäße Verwendung dar. Diese Messung erfolgte mittels Lichtschranken und wurde durch einen Messtechniker einer staatlich akkreditierten Prüfstelle durchgeführt. Außerdem wurden diese Messungen durch Highspeed-Videos mit bis zu 4.000 Bildern pro Sekunde (fps) dokumentiert. Auch das Nettoabschussgewicht der Produkte wurde erfasst, da man in Verbindung mit der Geschwindigkeit we-

Versuche 1h (Kugelbomben)

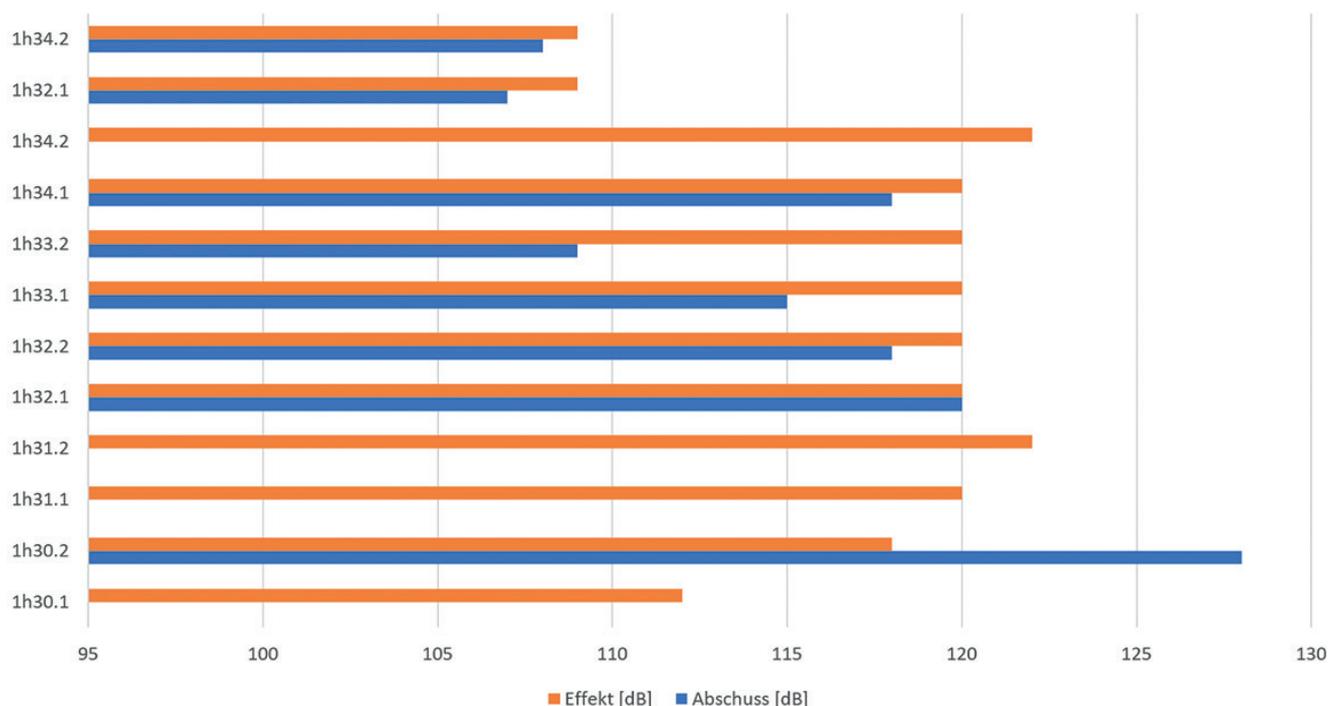


Abbildung 4: Ergebnisse der Versuchsreihe mit Kugelbomben

sentliche Aussagen bei Störfällen treffen kann (Flughöhe und Weite, Aufprallgeschwindigkeit etc).

Bei Schusskisten konnten Spitzengeschwindigkeiten von bis zu 85 m/s gemessen werden, das sind zirka 300 km/h. Bei Kugelbomben lagen die Messwerte deutlich höher bei zirka 123 m/s, also umgerechnet zirka 440 km/h. Abbildung 5 gibt einen Überblick über die Messergebnisse: Im Zeitraum 1h.35.7 bis 1h.35.3 wurden Kugelbomben abgeschossen, im Zeitraum 1h.7.1 bis 1h.1.1 die Raketen (gemessen in Kopfhöhe) und im Zeitraum 1h.16.2 bis 1h.13.1 waren es Schusskisten.

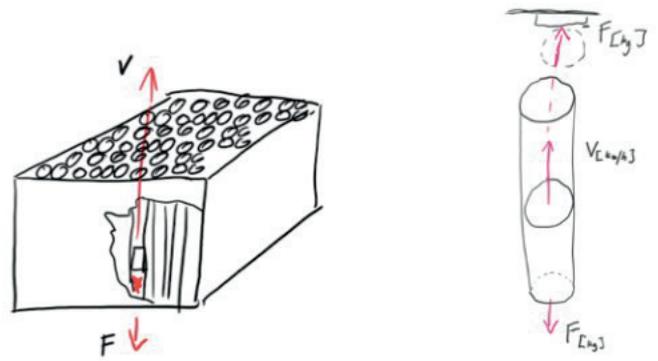


Abbildung 6: Rückstoß- und Aufprallenergie

5.4. Rückstoß- und Aufprallenergie

Bei Produkten, die einen Effekt ausstoßen, entsteht durch die Treibladung und das Ausstoßen des Effekts auch ein Rückstoß (siehe Abbildung 6). Dieser Rückstoß kann in bestimmten Fällen eine wesentliche Gefahrenquelle darstellen (zB beim Abbrennen auf Booten, auf schlechtem Untergrund oder bei defekten Abschussvorrichtungen). Außerdem feuern Bombetten, Römische Lichter, Kugel- und Zylinderbomben usw pyrotechnische Sätze mit einer hohen Geschwindigkeit in den Himmel. Diese Gegenstände können zu schweren Verletzungen bis hin zum Tod von Personen und zu erheblichen Sachschäden führen.

Gemessen wurde die Rückstoß- und Aufprallenergie mittels hoch auflösenden Druckmessdosen, die einmal unten und einmal oben in ein Halterungsgestell aus Eisen eingebaut wurden (siehe Abbildung 7).

Zentral war dabei, die Aufprallenergie in Kopfhöhe zu ermitteln, das heißt, wenn sich eine Person über das Produkt beugt. Die Ergebnisse der einzelnen Produkte übertrafen dabei zum Teil alle Erwartungen. Zum Vergleich: Schlägt man mit einem Fäustel von 1 kg Gewicht händisch mit maximaler Wucht auf die Druckmessdose, so erzeugt dies eine Aufprallenergie von zirka 500 kg (siehe Abbildung 8). Bei einem illegalen Böller (Giant Maroon) konnten Werte (Druck am Boden) von bis zu 6.300 kg gemessen werden. Bei der Messung des größeren Böllers wurde sogar das Metallgestell zerstört (siehe Abbildung 9).

Interessant ist der Vergleich der Böller untereinander. Alle österreichischen Produkte lagen im zweistelligen kg-Bereich. Das Produkt „Dumbum“ (Import aus Tschechien) hatte einen enormen Lärm von 122 dB und war damit vier-

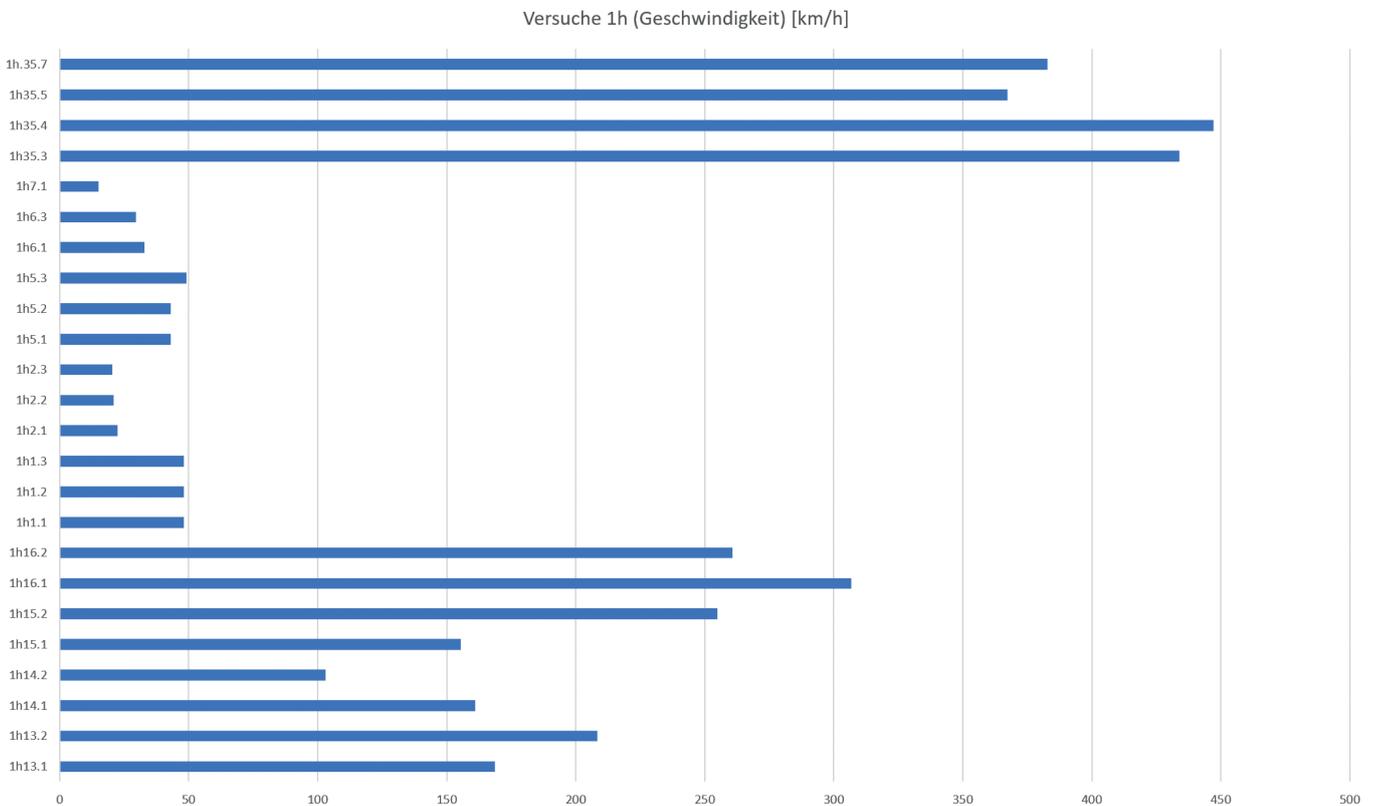


Abbildung 5: Versuchsergebnisse der Geschwindigkeitsmessung in km/h

mal lauter als die zugelassenen Produkte, hatte aber nur einen Rückstoß von zirka 130 kg. Im Vergleich dazu sind die großen illegalen Produkte nur um das Vierfache lauter, haben aber das 46-Fache (!) an Rückstoßenergie.

Kugelbomben, welche aus Abschussvorrichtungen gefeuert werden, erreichen nach der Mündung ihre maximale Geschwindigkeit. Diese Produkte wiesen bei den Messungen einen Rückstoß von bis zu 1.300 kg und eine Aufprallenergie in Kopfhöhe von bis zu 10.000 kg auf. Sogar handelsübliche Schusskisten erreichten Werte von bis zu 850 kg. Bei der Aufprallmessung einer 125 mm Kugelbombe wurde sogar der I-Träger des Messgestells verbogen. Bei der Aufprallenergie ist jedoch zu beachten, dass die gemessene Energie nicht nur durch den austretenden Effekt entstanden ist. Bei den meisten Produkten kam es beim Aufprall zu einer gleichzeitigen Zündung des Effektsatzes. Das hat natürlich auch Auswirkungen auf den gemessenen Druck.

5.5. Flugbahn und Steighöhe

Die Flugbahn und Steighöhe pyrotechnischer Produkte wird durch unterschiedliche Faktoren (wie etwa Bauart, Aufstellung, Abschusswinkel und die Masse der Effekte) stark beeinflusst. So kommt es immer wieder vor, dass durch pyrotechnische Gegenstände Brände entstehen, obwohl der durch den Hersteller vorgegebene Schutzbereich bzw die Schutzzone gemäß der Bundesanstalt für Materi-



Abbildung 7: Versuchsaufbau mit Druckmessdosen zur Ermittlung der Rückstoß- und Aufprallenergie

alforschung und -prüfung (BAM) in Berlin eingehalten werden. Ziel der Versuche war deshalb die Klärung, wie die Flugbahnen und Steighöhen von verschiedenen Produkten im Normalbetrieb aussehen bzw wie sich diese beim Auftreten von Störungen verändern (siehe Abbildung 10).

Gemessen wurde die Steighöhe mit der Bestimmung des Winkels zwischen Abschussort und Effektexplosion mittels zweier geeichter Winkelmesser in einer Entfernung von zirka 70 m.



Abbildung 8: Versuchsanordnung für Ermittlung der Rückstoßenergie



Abbildung 9: Ergebnis nach der Versuchsdurchführung: Zerstörte Versuchsanordnung durch hohe Rückstoßenergie

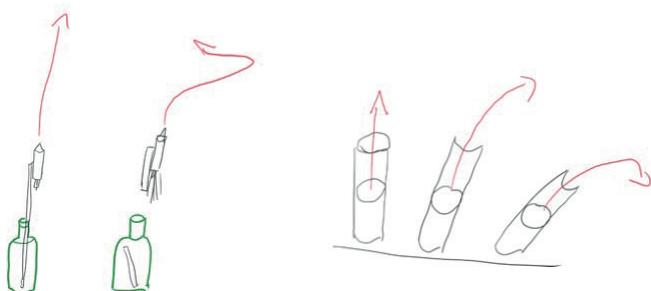


Abbildung 10: Alternative Flugbahnen und Steighöhen – im Normalbetrieb und bei Störungen (wie zB Umfallen der Abschussvorrichtung)

Im Praxistext zeigten sich hier sehr unterschiedliche Ergebnisse und Werte im Vergleich zu jenen, die auf den Produkten angegeben wurden. Da der Spreizungswinkel bei 30 % bis 40 % lag, kann daraus nur die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Produktangaben nicht mit der Praxis übereinstimmen. Auch die angegebenen Steighöhen auf den Produkten weichen erheblich von den Messungen ab. ZB waren bei ein und demselben Produkt mit exakt dem gleichen Bruttoabschussgewicht Höhenunterschiede von 80 m messbar. Diese Unterschiede begründen sich mit großer Wahrscheinlichkeit im Gewichtsunterschied der Treibladungen. Auch die Lärmmessungen des Abschusses zeigten diese Unterschiede deutlich auf.

5.6. Druck im Abschussrohr

Beim Abschießen einzelner Effekte aus einem Abschussrohr (Mörser, Batterie usw) wird durch eine Ausstoßladung enormer Druck aufgebaut, der den Effekt aus dem Abschussrohr beschleunigt (siehe Abbildung 11). Diese Ausstoßexplosion kann zu folgenschweren Zwischenfällen führen (vor allem im Falle eines Rohrkrepiers, das heißt, wenn die Bombe im Rohr stecken bleibt und am Boden explodiert). Die Versuche lieferten Daten, wie groß der Druck der Verbrennungsgase in einem Abschussrohr durch die Initialzündung ist und mit welchen Konsequenzen gerechnet werden muss. Der gemessene Wert bei einer 150 mm Kugelbombe lag beispielsweise bei 2 Bar bei normaler Verwendung. Dies klingt nach nicht viel, aber berechnet auf die Fläche beispielsweise der Kugelbombe, auf die der Druck wirkt, wird die Kugel mit durchgängig zirka 713 kg aus dem Rohr nach oben gedrückt. Ein realistischer Wert, der sich mit den bisherigen theoretischen Erkenntnissen deckt.

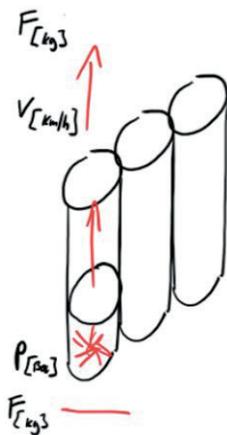


Abbildung 11: Initialzündung baut Druck im Abschussrohr auf und beschleunigt den Abschuss der Kugel aus dem Rohr

5.7. Thermische Beanspruchung

Feuerwerkskörper können bei thermischer Beanspruchung schlagartig zünden. Dabei setzt die gesamte Nettoexplosivstoffmasse auf einen Schlag um und es kommt zu einer Explosion. Theoretisch gibt es dazu wenig, obgleich

in der Brandursachenermittlung derartige Phänomene immer wieder auftauchen. Ziel war daher die Feststellung, ob diese schlagartige Zündung in der Praxis nachvollzogen werden kann und welche Auswirkungen diese nach sich zieht. Für den Versuch wurden Schusskisten und Kugelbomben herangezogen (siehe Abbildung 12). Laut Theorie setzt Schwarzpulver bei zirka 160° C um. Im Versuch konnte diese Temperatur zur Überprüfung aber nicht erzielt werden. Zwar wurde eine Temperatur von 300° C an der Oberfläche der Produkte gemessen, aber vermutlich wurde die kritische Marke von 160° C im Produktinneren nicht erreicht.



Abbildung 12: Versuch der thermischen Beanspruchung einer Schusskiste

5.8. Explosionsauswirkungen

In seltenen Fällen setzen pyrotechnische Artikel nicht in der Luft, sondern unvorhergesehen oder unbeabsichtigt am Boden oder an anderen Plätzen (zB bei der Lagerung, während des Transports) um. Ursachen sind meist Produktfehler, nicht adäquate Abschussvorrichtungen oder Fehler in der Handhabung. In Konsequenz führt dies zur Gefährdung von Personen oder Sachgütern.

Ziel der Versuche war es, Aussagen zur Flugbahn von Trümmern und Wurfweite treffen zu können sowie Grundlagen für medizinische Aussagen (mögliche Verletzungsmuster, Todeswahrscheinlichkeit usw) schaffen zu können. Die Versuche wurden in Form von Highspeed-Videos dokumentiert, die über den YouTube-Kanal der BVS OÖ abrufbar sind.

Aufgrund der Messungen von Steighöhen und der visuellen Erkenntnisse bei den Explosionen in Bodennähe kann jedenfalls bestätigt werden, dass die von der BAM veröffentlichten Schutzabstände jedenfalls notwendig sind, wenn nicht sogar einen Mindestabstand darstellen. Die auf Produkten angegebenen Schutzabstände von teilweise nur 8 m erscheinen bei einer Steighöhe von bis zu 120 m aberwitzig gering! Diese Abstände haben keine Relevanz zur Verhinderung von Schäden und stellen keinen geeigneten Schutzbereich dar!

6. Fazit

Zusammenfassend konnten durch die praktischen Versuche eine Reihe von Erkenntnissen gewonnen werden, die zukünftig wertvolle Hilfestellung bei der Beurteilung von Sachlagen im Zusammenhang mit Pyrotechnik bieten werden. Bereits wenige Wochen nach den Versuchen wurden die Ergebnisse der Versuche bei einem Gerichtsverfahren verwendet.

Während der Versuche wurden 12.000 Messwerte dokumentiert. Daraus wurden zirka 670 Messdaten (Maximalwerte, Rechenergebnisse usw) erhoben. Weiterführende Informationen sind direkt beim Autor oder der BVS OÖ erhältlich.

Weiterführende Informationen:



QR-Code – Link zum YouTube-Kanal der BVS OÖ

Korrespondenz:

Ing. Stefan Schipke

E-Mail: s.schipke@bvs-ooe.at