

# Silvester-Knallerei – ein zweischneidiges Schwert

Feuerwerkskörper unterliegen dem Sprengstoffgesetz

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen



Abbildung 1: BAM-geprüfte F1- und F2-Feuerwerkskörper.

Es gilt als alter Brauch in Deutschland, den Jahreswechsel gebührend zu feiern. Dazu zählen auch die akustischen und optischen Effekte, wie sie Böller, Schwärmer und Raketen liefern. Den zahlreichen unsachgemäßen Handhabungen dieser Silvester-Artikel ist es zu verdanken, dass der Gesetzgeber diesen gefährlichen Artikeln immer härter entgegentritt. Sie unterliegen dem Sprengstoffgesetz, das gerade wieder eine Verschärfung erfahren hat. Wer aber weiß das schon, wenn es alleine gilt, Spaß ohne Grenze zu haben!? Lassen Sie uns dazu einigen Fragen nachgehen und nachdenklich werden.

## Der Autor



Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch hält eine Honorar-Professur an der Universität Siegen in industrieller anorganischer Chemie mit den Schwerpunkten Innovationsmanagement, Recycling und Bionik. Das weite Spektrum an bearbeiteten Themen resultiert aus der vielfachen Dozenten-Tätigkeit am Deutschen Institut für Betriebswirtschaft, den Schulen der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) sowie Universitäten.

## Welche Silvester-Artikel bietet der Markt?

Wenn drei Tage vor Silvester in jedem Jahr die Geschäfte und Supermärkte mit ihren Auslagen die Feuerwerkskörper an die Käufer bringen wollen, dann offenbart sich ihnen eine immer größere Anzahl Produkten. Die Bundesanstalt für Materialprüfung, BAM, musste wieder über 100 neue Silvester-Feuerwerkskörper neu zulassen.

Feuerwerkskörper ist die Bezeichnung für pyrotechnische Gegenstände, die Feuerwerk-Zwecken, wie zum Jahreswechsel, dienen.

Zu unterscheiden sind Höhen- und Bodenfeuerwerke.

Höhenfeuerwerke explodieren nach gewissen Steighöhen und werfen ihre Effekte aus, wie Leuchtsterne, Heuler, Saluts oder Crackling-Sterne.

Fontänen, Vulkane, bengalische Feuertöpfe und Sonnenräder zählen zu den Bodenfeuerwerken.

Verbundfeuerwerk und der Batterieverbund stellen eine Mischform dar [1].

Für die Silvester-Feiern gibt es immer wieder eine Vielzahl an beeindruckenden Feuerwerk-Neuheiten, allen voran viele Feuerwerk-Batterien und XXL-Batterie-Feuerwerk. Fast jeder Hersteller entwickelt Jahr für Jahr neue Feuerwerkskörper, die er zum Teil erst kurz vor dem Jahreswechsel präsentiert (Abbildung 1).

Eine Besonderheit bei dem Silvesterfeuerwerk bieten Pfeiftonen. Sie begleiten manche aufsteigende Rakete. Heuler verdanken diesem Effekt ihren Namen. Ihr Treibmittel besteht nicht oder nur anteilig aus Schwarzpulver, sondern aus sauerstoffreichen anorganischen Salzen, wie es Nitrate, Chlorate und Peroxide darstellen. Der Abbrand verläuft dabei nicht kontinuierlich, sondern in Form tausender kleiner Explosionen je Sekunde. Diese versetzen die Luft in Resonanz und erzeugen somit den Pfeifton.

Verstärkt kommen auch nicht zugelassene „Polenböller“ aus den östlichen Ländern nach



Abbildung 2: Gefährliche Böller aus Tschechien mit erhöhter Netto-Explosivstoffmasse von fünf Gramm.



Abbildung 3: In Deutschland verbotene Silvester-Feuerwerk mit erhöhter Sprengkraft aus dem Ausland.

Deutschland. Sie entsprechen nicht den geltenden Sicherheitsstandards und haben eine wesentlich höhere Sprengkraft als die hiesigen Feuerwerk-Artikel. Es besteht die Gefahr von Verletzungen, Zerstörungen und Fehlzündungen. Beispiele dieser gefährlichen Feuerwerks-Artikel zeigen Abbildungen 2-4.

Nach der Europäischen GHS/CLP-Richtlinie [2] haben Silvesterböller und -Raketen das Piktogramm der Gefahrenklasse „Explosionsgefahr“ mit den Signalwörtern „Gefahr“ oder „Achtung“ zu tragen (Abbildung 5).

### Was enthalten diese gefährlichen Erzeugnisse?

Silvester-Feuerwerk basiert in der Regel auf Zündsätzen, die aus Schwarzpulver bestehen. Mit derartigen Pulvern gefüllte Bambusrohre gedachten die Chinesen bereits im 7. Jahrhundert Geister zu vertreiben.

Schwarzpulver ist eine pyrotechnische Mischung, die aus Kaliumnitrat,  $KNO_3$ , Holzkohle, und Schwefel

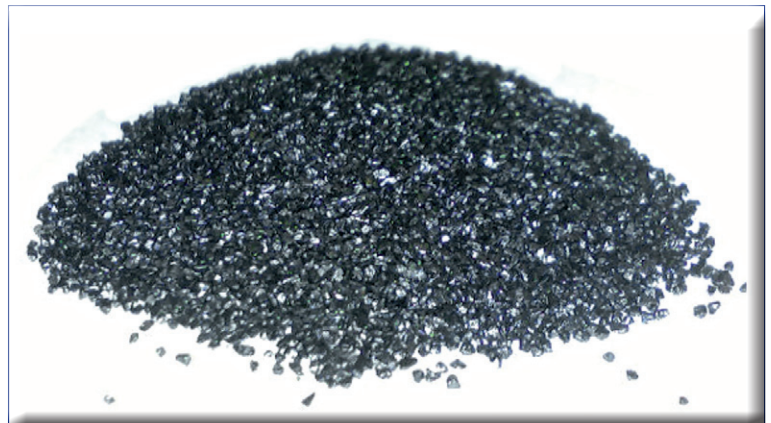
Abbildung 4: Lebensgefährliche Pyrotechnik: „Polenböller“ mit Totenkopf.



Abbildung 5: Gefahrensymbol für explosionsgefährliche Stoffe.




Abbildung 6: Gekörntes Schwarzpulver, wie es als Schießpulver für Treibladungen von Schusswaffen verwendet.



„Schwarzpulver“, klassische pyrotechnische Mischung:  
 $16 \text{ C} + 4 \text{ S} + 10 \text{ KNO}_3 \rightarrow 15 \text{ CO} + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_3 + 5 \text{ N}_2$   
 15 % 10 % 75 %

„Blitzknallsatz“  
 $3 \text{ KClO}_4 + 8 \text{ Al} \rightarrow 3 \text{ KCl} + 4 \text{ Al}_2\text{O}_3$   
 66 % 34 %

„Zündmischungen“  
 $\text{KClO}_4 + 2 \text{ Zr} \rightarrow 2 \text{ ZrO}_2$ , Zünder der NASA-Feststoff-Raketen  
 43 % 57 %

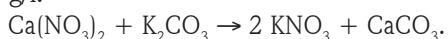


**Gefahr**

Abbildung 7: Beispiele pyrotechnischer Gemische.

fel besteht. Dieses pyrotechnische Treibmittel aus etwa 75 % Kaliumnitrat, 15 % Holzkohle und 10 % Schwefel kommt als Korn- oder Mehlpulver mit Bindemitteln oder feucht verpresst und getrocknet in den Handel (Abbildung 6).

In früheren Zeiten diente der „Mauersalpeter“, das Kalziumnitrat und Magnesiumnitrat als Oxidationsmittel. Diese Ausblühungen von Kalziumnitrat,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , entstehen an Kalk- Mauerwerk mit stickstoffhaltigen, meist organischen Stoffen, wie Fäkalien oder Stalldung. Wegen des hygroskopischen Verhaltens dieser Nitrats wechselte man zu den Kaliumsalzen. Sie lassen sich leicht über reziproke Salzpaare von Mauersalpeter und Pottasche,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , gewinnen, da das Kalziumcarbonat sehr schwer in Wasser löslich ist, nämlich  $6 \cdot 10^{-3}$  g/l:



Eine deutlich stärkere Sprengkraft weisen die sogenannten „Polenböller“ aus den Oststaaten

auf. Ihre Zündung basiert als „Blitzknallsatz“ auf der Reaktion von Kaliumperchlorat mit feinstem Aluminium-Pulver.

Die Netto-Explosivsprengmasse der importierten Knallkörper liegt mit zum Teil fünf Gramm um ein Vielfaches höher als bei inländisch kontrollierten Silvesterböllern. In unmittelbarer Nähe sind Knalltraumata bei Schalldruckpegeln bis über 160 Dezibel, Verbrennungen und im schlimmsten Fall Verletzungen zu befürchten. Der Hersteller gibt zudem an, dass nach der Zündung ein Sicherheitsabstand von mindestens 40 Metern eingehalten werden muss. Besonders bei Anwesenheit weiterer Personen ist das kaum einhaltbar [3].

Ähnlich brisante Mischungen wie in den Polenböllern verwendet die NASA, National Aeronautics and Space Administration, in den USA für ihre Feststoffraketen. Als Metall dient dort Zirkon-Pulver. Zusammenfassend sind die Reaktionsgleichungen dieser Gemische in Abbildung 7 dargestellt.

Das Arbeiten mit der Perchlorsäure und ihren Salzen bringt allgemein eine Reihe von Risiken mit sich. Sie weisen eine Reihe von Gefährlichkeitsmerkmalen auf, wie an den H-Sätzen (Hazardous Statements) abzulesen ist:

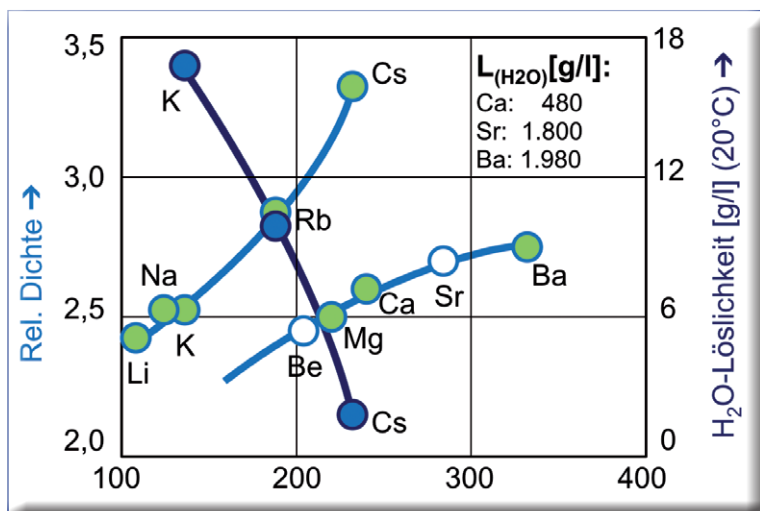
- H 271: Kann als starkes Oxidationsmittel Brand oder Explosion verursachen
- H 290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein
- H 302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
- H 314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
- H 373: Kann die Organe schädigen.

Labor-Arbeiten mit Perchlorsäure und ihren Salzen haben bereits zu schweren Unfällen geführt. Erinnerung sei nur an eine tödlich verlaufene Explosion 1983 in einem Prüflabor der Degussa AG in Frankfurt/M, nachdem über einen längeren Zeitraum verdünnte Perchlorsäure mit der Holz-Unterlage der Abzugsfliesen Zellulose-Perchlorat bildete [4].

Auch heutzutage sind Perchlorate für Oxidations-Aufschlüsse, Fällungen und Unkrautbekämpfungsmittel im Einsatz. Abbildung 8 zeigt den Verlauf der Dichten und Löslichkeit von Alkali- und Erdalkalimetall-Perchloraten in Relation zu ihren Molekulargewichten. Dabei fallen die divergierenden Dichte-Kurven sowie die analytisch verwertbare Schwerlöslichkeit des Cäsiumperchlorats,  $\text{CsClO}_4$ , auf.

Neben den Treibsätzen enthalten Silvesterböller und -Raketen noch eine Reihe anderer Gefahrstoffe, denen bei einem intensiven und lange andauernden Feuerwerk kaum auszuweichen ist [5]. Es handelt sich um weitere Oxidationsmittel, wie Alkalichlorate und -Peroxide sowie Bleioxide, Metallpulver und diverse Metallsalze als Farbgeber (Abbildung 9).

Abbildung 8: Dichten und Löslichkeiten der Perchlorate der Alkali- und Erdalkalimetalle.



Des Weiteren verwenden pyrotechnische Betriebe als farbgebende Elemente die Verbindungen von Barium, Tellur und Thallium für Grün- und Arsen und Selen neben Kupfer für Blau-Effekte.

Barium-Salze weisen eine akute Giftigkeit auf, wobei der orale LD<sub>50</sub>-Wert für Ratten im Falle des Bariumchlorids, BaCl<sub>2</sub>, bereits bei 118 mg/kg liegt [6]. Tellur-Verbindungen können die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen [7]. Bei Thallium-Verbindungen bestehen sowohl akute als auch chronische Vergiftungsrisiken bis zur Lebensgefahr beim Einatmen [8].

Schädlicher noch als das Tellur sind Selen und Arsen: Beim Arsen ermittelten Toxikologen bereits einen LD<sub>50</sub>-Wert von 10 mg/kg Gewicht an Laborratten. Für Menschen wurde ein Grenzwert von 0,1 mg/m<sup>3</sup> Luft, bezogen auf Arsen und gemessen als einatembarer Staub, ermittelt, um der chronischen und akuten Wirkung des Arsens zu entgehen [9]. Vergleichbare chronische und akute Giftwirkungen werden beim Selen beobachtet. Während Selen in Spuren noch ein essentielles Element für den Menschen darstellt und zu Selen-Mangelkrankungen führen kann, treten bereits bei Dosen über 400 µg/d Tag Vergiftungserscheinungen auf, wie Übelkeit und Erbrechen, Haarverlust, Nagelveränderungen, periphere Neuropathie (Erkrankungen des peripheren Nervensystems) und Erschöpfung [10].

### Welche Vorsichtsmaßnahmen muss ich beachten?

Der Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen und ihre Kombination in Erzeugnissen ist bereits in der bundesweit geltenden Gefahrstoff-Verordnung geregelt: Explosive Stoffe/Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff zitiert § 3 Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [2].

Weitere Präzision erfährt der Umgang mit explosiven Stoffen im Sprengstoff-Gesetz [11].

Der spezielle Umgang mit Silvester-Böllern lässt sich jedoch der Übersichtlichkeit halber in einigen Verhaltensregeln zusammenfassen [12]:

#### 1. Nur erlaubte Erzeugnisse kaufen

Kaue nur Feuerwerk-Artikel mit dem CE-Zeichen sowie einer Registrier- und Kennnummer der Prüfstelle. In Deutschland ist für die Prüfung von diesen Artikeln die Bundesanstalt für Materialprüfung, BAM, Berlin, zuständig.

#### 2. Mindestalter der Nutzer berücksichtigen

Feuerwerk-Artikel, die hierzulande getestet wurden, tragen Kennzeichnung der Feuerwerksklassen **F1** für Tisch-Feuerwerk oder Knallerbsen, die nur an Käufer mit einem Mindestalter von 12 Jahren verkauft und verwendet werden dürfen oder

Substanz	Gefahrenklasse	Funktion
Blei(II)-nitrat		Oxidationsmittel
Blei(II,IV)-oxid		Oxidationsmittel
Borsäure		Stabilisator
Hexachlorbenzol		Chlor-Donator
Kaliumchlorat		Oxidationsmittel
Kaliumdichromat(VI)		Stabilisator, Katalysator
Kupfer(I)-chlorid, Kupfer(II)-chlorid		Farbgeber
Kupfer(I)-oxid		Hilfsstoff
Kupfer(II)-oxid		Farbgeber
Natriumchlorat		Oxidationsmittel
Zink (Pulver)		Reduktionsmittel

Abbildung 9: Gefahrstoffe in Feuerwerkskörpern.

**F2** für weniger harmlose Feuerwerkskörper. Dazu zählen beispielsweise alle Raketen, die erst ab 18 Jahren zu handhaben sind.

Die Feuerwerk-Klassen **F3** und **F4** sind nur ausgebildeten Pyrotechnikern vorbehalten (Abbildung 10).

#### 3. Keine eigenen Böller oder Raketen basteln

Für Vertreter klassischer chemischer Berufsbilder mag das Fabrizieren eigener Silvesterartikel einen ganz besonderen Reiz ausüben. Aber gerade unter diesen autodidaktischen Pyromanen waren schon zu viele Unfälle bis zur Todesfolge zu beklagen. Unter professioneller Anleitung bietet die Pyrotechnik allerdings eine motivierende Faszination für ein vertieftes Interesse an der Chemie [13].

#### 4. Sorgsame Logistik mit Feuerwerkskörpern bevorzugen

Feuerwerk-Artikel dürfen nie direkt am Körper, etwa in der Jacke oder in der Hosentasche getragen wer-

Abbildung 10: Kategorien von Feuerwerkskörper.

**F1: Tischfeuerwerk, ab 12 Jahre, max. 120 dB, 1 m Abstand**

**F2: Silvester-Feuerwerk, ab 18 J., max. 120 dB, 8 m Abstand; nur im Freien!**

**F3 und F4: nur für Pyrotechniker, Behördliche Genehmigung, >15 m**

den. Sie sind in sicherem Abstand zu Zündquellen und Personen zu lagern.

**5. Einsatz-Zeitspanne für Feuerwerkskörper respektieren**

Da Leuchtraketen auch der allgemeinen und speziellen Alarmierung dienen, dürfen Feuerwerkskörper nur in der Silvester-Nacht zum Einsatz kommen. Offiziell gilt die Erlaubnis für Feuerwerk-Artikel nur am Neujahrstag von 0:00 bis 24:00 Uhr. Kommunale Satzungen regeln die Zeitspanne der erlaubten allgemeinen Ballerei jedoch unterschiedlich: in Hamburg beispielsweise gilt eine erlaubte Zeitzone von 18:00 Uhr bis 1:00 Uhr in der Nacht des Jahreswechsels, in Berlin zwischen 18:00 Uhr und 7:00 Uhr am Neujahrsmorgen.

**6. Lokale Verbote für Silvester-Feuerwerk beachten**

In alten Innenstädten mit Fachwerkgebäuden oder in der Nähe von Kliniken und Heimen verhängen Kommunen Verbote für den Einsatz von Silvester-Feuerwerk.

**7. Nur unbeschädigte Erzeugnisse einsetzen**

Zum Einsatz dürfen nur Feuerwerkskörper kommen, die optisch keine Mängel aufweisen. Das gilt auch für gequetschte oder feucht gewordene Artikel.

**8. Böller und Raketen nur vorschriftsmäßig zum Einsatz bringen**

Ausklappbare Standsicherung der Feuerwerkskörper oder andere Hilfen zum sicheren Stand wie leere Flaschen in einem Getränkekasten für Stockraketen auf jeden Fall verwenden. Raketen dürfen nie aus der Hand gestartet werden. Auch die Flugbahn von Raketen ist so einzurichten, dass weder Menschen, Tiere noch Gebäudeteile Schaden nehmen können.

**9. Sicherem Abstand nach dem Zünden einhalten**

Der Nutzer muss sicherstellen, dass Feuerwerkskörper nur auf ebenen und freien Flächen abgebrannt werden. Er muss sich umgehend ohne Hindernisse und „Stolperfallen“ in den sicheren Abstand begeben. Das Zünden von Feuerwerk in geschlossenen Räumen und Behältern ist streng verboten.

**10. Auf die Umgebung und Ziele von Feuerwerkskörpern achten**

Selbst Wunderkerzen haben schon zu Bränden geführt. Daher ist die Umgebung von Zündplätzen und Startrampen von brennbarem Material freizuhalten.

**11. Nicht funktionierendes Feuerwerk entsorgen**

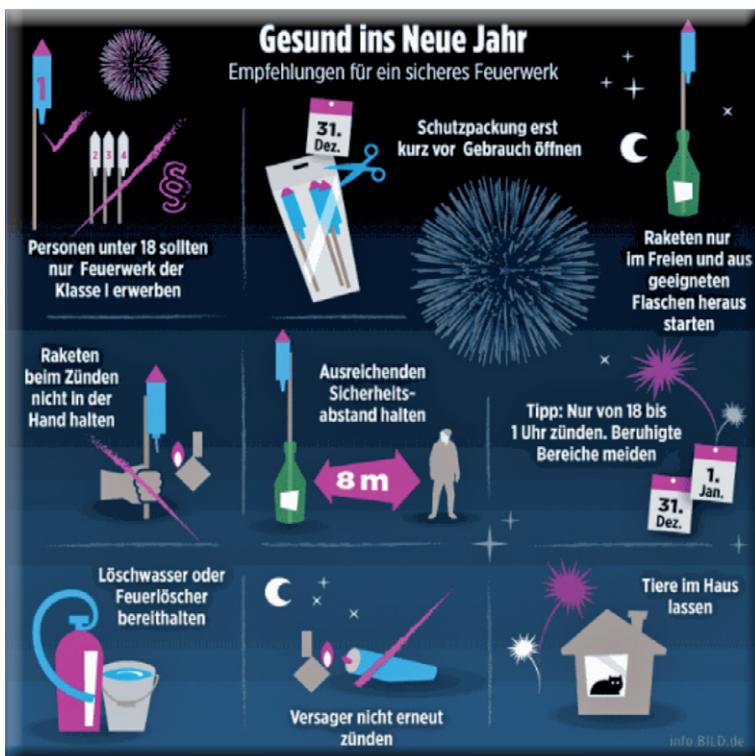
Fehlgezündete Feuerwerkskörper und Blindgänger dürfen nicht wieder angezündet werden. Sie sind nach einer Wartezeit von mindestens einer Viertelstunde in einem Wasserbehälter unschädlich zu machen und wie alle abgebrannten Artikel im Restmüll zu entsorgen.

**12. Auf sachgemäße Verwendung von Silvester-Artikeln hinwirken**

Keiner darf die Augen vor Missbrauch verschließen, sondern auch andere vor ungesetzlichem und regelwidrigem Verhalten warnen und angemessen eingreifen.

Wer sich lieber eine bildliche Vorstellung von den wichtigsten Verhaltens-Regeln bei Handtieren mit Silvester-Feuerwerk machen möchte, dem sei die Tafel der Abbildung 11 empfohlen.

Abbildung 11: Ratschläge zur Silvester-Knallerei in Wort und Bild.  
<http://www.bild.de/themen/ereignisse/feuerwerk/nachrichten-news-kultur-fotos-videos-20913532.bild.html>



**Welche Auswirkungen haben Feuerwerkskörper auf unsere Gesundheit und Umwelt?**

In Deutschland nahm der Konsum von Feuerwerk-Artikeln gemessen an den Umsätzen nahezu linear zu (Abbildung 12). Begnügten sich die Bundesbürger im Jahre 2004 noch mit Ausgaben um die vergleichsweise 87 Millionen Euro, so waren es 2016 bereits fast 137 und 2017 ist mit 140 Millionen Euro zu rechnen. Die Feuerwerke sollen sich immer lauter, bunter, bombastischer und den Nachthimmel erfüllend auswirken (Abbildung 13).

Gesundheits- und Umweltschäden sind derart gewaltig, dass der BUND in Stuttgart bereits 2016 ein privates Feuerwerk-Verbot unterstützte [14].

Allein in Berlin gehen Tausende von Notrufe innerhalb weniger Stunden ein. Hunderte von Pyromanen verletzen sich beim Zünden von Böllern und Raketen. Im Bundesgebiet mögen es Tausende sein.

Genauere Daten legte die Schweiz bereits 2001 vor [15]. Dort registrieren Behörden pro Jahr etwa 1450 Tonnen Feuerwerkskörper mit ca. 1000 Tonnen Materialien wie Hüllen, Konstruktions-Teile und Verpackungen aus Karton, Holz oder Kunststoff, 360 Tonnen pyrotechnischen Sätzen: etwa 240 Tonnen Schwarzpulver und 120 Tonnen Effektsätze. Die Effektsätze enthalten umwelt- und gesundheitsschädliche Metallverbindungen.

Aus Untersuchungen in Europa geht hervor, dass die Unfallraten beim Abbrennen von Feuerwerken in einem Bereich von 2 bis 13 Unfällen mit Personenschäden pro 100 000 Einwohner liegen. Unter den Verletzten sind Minderjährige überproportional vertreten.

Bezüglich des Lärms können in Abständen, in denen sich üblicherweise Zuschauer von Feuerwerken aufhalten, Lärm-Spitzenpegel erzeugt werden, die als gehörschädigend einzustufen sind. Sie überschreiten oft den Impulslärm-Grenzwert von 80 Dezibel.

Die Luftbelastung durch giftige, nach Schwefeldioxid riechende Gase sowie durch Rauchschwaden ist während des Jahreswechsels deutlich, mitunter auch in belästigender Weise wahrnehmbar. Beim Abbrennen von Feuerwerken entstehen aus dem Schwarzpulver, sowie den Hilfs- und Effektstoffen Rauche und Stäube aus Metalloxiden, -sulfaten, -sulfiden, vermengt u. a. mit den giftigen Gasen Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid. Die Belastung der Luft durch Feuerwerksreaktionsprodukte ist durch vielfältige Messungen gut dokumentiert. Vor allem Feinstaub erreicht kurzzeitige Spitzenbelastungen, die den Grenzwert für lungengängigen Feinstaub, dem sogenannten PM10-Staub, von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  übersteigt [16]. Für Deutschland werden 5000 t Staub durch Silvesterartikel abgeschätzt [17].

Bei Personen mit chronischen Atemweg-Erkrankungen können gravierende Beschwerden auftreten. Kupferhaltiges Feuerwerk birgt zudem das Risiko der Bildung sehr giftiger „Dioxine“.

Abgebrannte Feuerwerkskörper verursachen jährlich Unmengen an zusätzlichem Abfall. Leider überlassen die meisten Bürger die Reinigung und das Sammeln der Hülsen, Batterie-Kästen und Raketen-Leitstäbe kommunalen Kräften. Dabei wären die 25 g schweren Holzstäbe noch gut für die eigene Kamin-Feuerung zu gebrauchen (Abbildung 14).

Feuerwerk erschreckt neben den Haustieren auch die freilebenden Tiere bis ins Mark. Vögel verlassen fluchtartig ihre Ruheplätze und der bunte Himmelszauber verstört ganze Vogelschwärme [18].

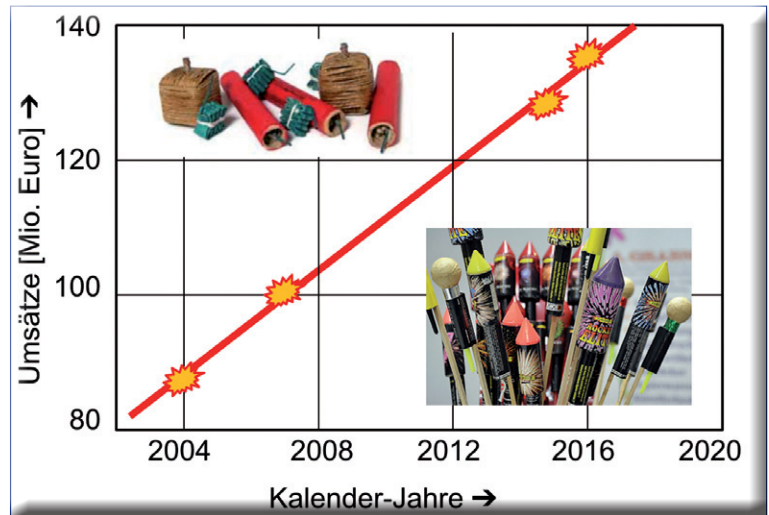
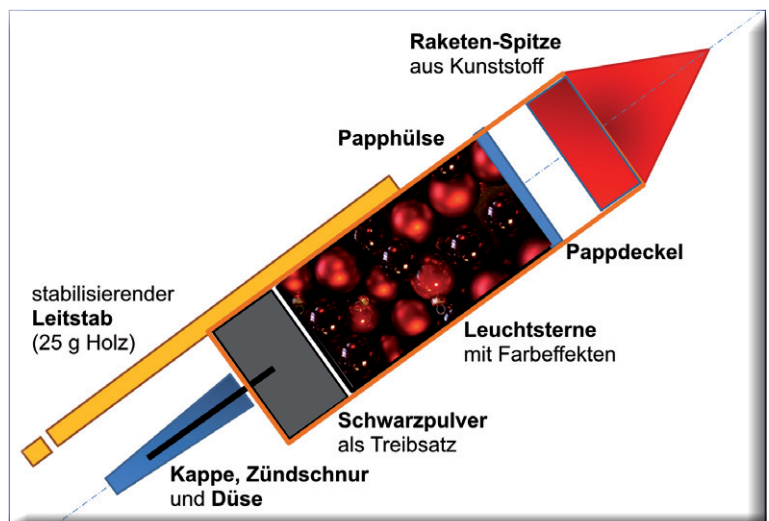


Abbildung 12: Umsätze mit Silvester-Feuerwerk in Deutschland.

Abbildung 13: Bombastisches Feuerwerk mit geballten Blitzen, Lärm, Staub und giftige Abgase.



Abbildung 14. Schematischer Aufbau einer Sylvester-Rakete.



## Wo bleibt die Aktion „Brot statt Böller“?

Unter dem Motto „Brot für die Welt“ sammelte die evangelische Kirchengemeinde im Schleswig-Holsteinischen Bargteheide 1981 zum ersten Mal Spenden für „Brot für die Welt“. Mit Feuerwerkskörpern in Deutschland erzielten die Läden und Supermärkte einen Umsatz von etwa 140 Millionen Euro. Könnte dieses sprichwörtlich in der Luft verpulvert Geld für die hungernden Erdenbürger nicht sinnvoller eingesetzt werden?

Seit 2010 wird der Slogan „Brot statt Böller“ durch die Zeile „Teilen macht Freude“ ergänzt. Die Aktion musste vor dem Vorwurf, als Spaßbremse zu fungieren, einknicken. Im Vordergrund der Aktion steht nicht mehr nur der Verzicht auf das Feuerwerk, sondern die Idee des Teilens aus Anlass der Silvester-Feierlichkeiten. **CLB**

### Literatur

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwerkskoerper>
- [2] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (GHS/CLP-Richtlinie: Globally Harmonized System/Classification, Labelling and Packaging of Chemicals)
- [3] [https://www.focus.de/gesundheit/news/durch-einen-trick-in-den-handel-gelangt-brandgefaerhlich-und-denoch-legal-behoerde-warnt-vor-boellern-aus-tschechien\\_id\\_8160128.html](https://www.focus.de/gesundheit/news/durch-einen-trick-in-den-handel-gelangt-brandgefaerhlich-und-denoch-legal-behoerde-warnt-vor-boellern-aus-tschechien_id_8160128.html)
- [4] Jahresbericht der BG Chemie, 1983; [https://orgchem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/inst\\_orgchem/Lehre/GPII/LS/4-Laborsicherheit\\_Skrpt\\_Laborunf%C3%A4lle.pdf](https://orgchem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/inst_orgchem/Lehre/GPII/LS/4-Laborsicherheit_Skrpt_Laborunf%C3%A4lle.pdf)
- [5] <https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwerk>
- [6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Barium>
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Tellur>
- [8] [https://de.wikipedia.org/wiki/Thallium\(I\)-chlorid](https://de.wikipedia.org/wiki/Thallium(I)-chlorid)
- [9] [https://de.wikipedia.org/wiki/Arsen\(III\)-oxid](https://de.wikipedia.org/wiki/Arsen(III)-oxid)
- [10] <https://de.wikipedia.org/wiki/Selen>  
Robert M. Russell (für die deutsche Ausgabe: Hans-Joachim F. Zunft): Vitamine und Spurenelemente – Mangel und Überschuss. In: Manfred Dietel, Joachim Dudenhausen, Norbert Suttorp (Hrsg.): Harrisons Innere Medizin. Berlin 2003, ISBN 3-936072-10-8
- [11] Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz – SprengG) von 1969 mit letzter Fassung von 2017
- [12] <https://www.express.de/29399758> ©2018 (8 Goldene Regeln)
- [13] Obendrauf, V.: „Von Knallteufeln und Knatterfontänen“, aus Kickuth, R. und R. Stephani (Hrsg.): „Viktor Obendraufs schöne Experimente“, Bd. 1, Verlag Rubikon, 2. Aufl. (2016) 398-416
- [14] BILD am SONNTAG, Silvester 2017, S. 28 u. 29
- [15] Umwelt-Materialien Nr. 140, BUWAL, 2001
- [16] EU-Richtlinie 99/30/EG legt für die Zeit ab Januar 2010 einen Wert von 50 µg/m als 24-Stunden-Mittelwert von PM10 fest; es sind nur 7 Überschreitungen pro Jahr erlaubt; 20 µg/m als Jahresmittelwert von PM10
- [17] Dicke Luft zum Jahreswechsel. Artikel von 28. Dezember 2015 auf der Seite des Umweltbundesamts; J. Friedmann, B. Lakotta, S. Röbel, C. Schmergal: „Großer Bums“, Der Spiegel, 52/2017 vom 23.12.2017, S. 40
- [18] <http://www.fr.de/wissen/klimawandel/umwelt/feuerwerk-der-zuendstoff-fuer-die-umwelt-a-1416752>
- [19] [https://de.wikipedia.org/wiki/Brot\\_statt\\_Boeller](https://de.wikipedia.org/wiki/Brot_statt_Boeller); „Brot statt Böller“-Appell einstellen und durch „Brot UND Böller“ ersetzen! – Lustfeindlichkeit und schlechtes Gewissen helfen nicht gegen Hunger! – Kann denn feiern Sünde sein?“, Aktion 3. Welt Saar, Dezember 2014