

Thema:
Lernfeld:
Zeitraum:

Name:
Klasse:
Datum:

Information

Feuerwerk in Deutschland

Einteilung in Klassen

Feuerwerkskörper für Vergnügungszwecke sind in Deutschland je nach ihrer Gefährlichkeit und Größe in vier Klassen unterteilt. Die erste Klasse oder auch Kleinstfeuerwerk darf von jeder Person die älter als 12 Jahre* ist erworben und das ganze Jahr über verwendet werden. Die max. Satzmenge beträgt lediglich 3g - gefährliche Sätze sind verboten. Daran schließt sich die zweite Klasse deren Satzgewichtsgrenzen mit bis zu 50g pro Feuerwerkskörper bereits wesentlich höher liegen. Das Bestreben um eine Harmonisierung mit dem europäischen Sprengstoffgesetz macht es sogar möglich, dass seit 1998 Satzgewichte von mehr als 50g möglich sind. Die Erweiterung der Satzgewichtsgrenzen ist aber auch nur dann zulässig wenn es sich dabei um ein sogenanntes Batteriefeuerwerk handelt. Beim Batteriefeuerwerk welches bis max. 200g pyrotechnische Sätze enthalten kann und darf handelt es sich um Anordnungen mehrerer einzelner Feuerwerkskörper die untereinander mit einer Zündschnur verbunden sind. Dadurch ist es möglich durch einmaliges zünden relativ große Effekte zu erzielen. Da die Gegenstände dieser Klasse bereits wesentlich gefährlicher sind ist der Verkauf auf die letzten drei verkaufsoffenen Tage der Abbrand sogar nur am letzten Tag eines Jahres und ersten eines neuen Jahres erlaubt. Danach folgt das Mittelfeuerwerk oder früher auch als Gartenfeuerwerk bekannt als Klasse III. Da diese Klasse teilweise sehr gefährliche Sätze, zum Teil auch in relativ großen Mengen (bis 250g) enthalten kann, ist für den Erwerb solcher Feuerwerkskörper eine spezielle Ausbildung nötig. Die Klasse IV bildet den Abschluß. Das Großfeuerwerk wie diese Klasse bezeichnet wird besitzt (fast) keine Einschränkungen. Für den Erwerb und Umgang mit FWKs dieser Klasse ist ebenfalls eine spezielle Ausbildung nötig in der Kenntnisse über Gesetzeslagen, Funktionsweise von Feuerwerkskörpern u.s.w. erworben werden müssen.

Zulassung von Feuerwerksartikeln

In Deutschland gibt es derzeit mehr als 1800 Feuerwerkskörper und Jahr für Jahr kommen unzählige hinzu. Bevor aber ein Feuerwerkskörper in Deutschland verkauft werden darf, muß er zunächst von der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) auf seine Eignung gebrüft werden. Ein typischer Test eines Kl. II FWK's sieht zum Beispiel so aus: Die BAM erhält 30 Probestücke des Feuerwerkskörpers. Zehn davon werden sofort einem "Funktionstest" unterzogen die anderen zwanzig werden bei 50 Grad vier Wochen lang gelagert bzw. zwei Stunden lang durchgeschüttelt und anschließend getestet. Beim Funktionstest darf keiner der FWKs 115dB in 8m Entfernung überschreiten, keine Rakete darf höher als wie 100m steigen, die Verzögerung nach dem zünden muß zwischen 3 - 6 Sekunden liegen... . Eh ein FWK genehmigt wird vergehen so ca. 2-3 Monate. Besteht der FWK alle Prüfungen so erhält er ein Zulassungszeichen welches sich aus den Buchstaben BAM, der Klasse (PI, PII, PIII Klasse IV benötigt keine Zulassung) und einer Registrierungsnummer zusammensetzt. Ein Zulassungszeichen könnte zum Beispiel folgendermaßen lauten:

BAM P II 0802

- BAM steht dabei für die Bundesanstalt für Materialprüfung
- P II für die Klasse, in dem Fall Klasse II

- 0802 für die Registrierungsnummer, in diesem Fall handelt es sich um den Feuertopf der Kunst-Feuerwerk-Fabrik Fritz Sauer

Die von der BAM vergebene Nummer muß dann auf jedem Feuerwerkskörper oder zumindestens seiner Verpackung abgedruckt sein. Enthält ein Feuerwerkskörper keine BAM-Nummer so ist der Verkauf, zumindestens in Deutschland, höchstwahrscheinlich illegal und im eigenen Interesse sollte man von solchen FWK lieber Abstand halten. FWK aus anderen Ländern wie z.B. Polen können weitaus gefährlicher sein, unter Umständen bereits in der Hand explodieren oder gefährliche Splitter bei der Explosion bilden.

Neben dem hier beschriebenen Zulassungszeichen "P" gibt es noch viele weitere:

*12 Jahre sind empfohlen da gehäuft Unfälle mit diesen FWKs aufgetreten sind. Dies kam vor allem auch daher, dass diese FWK's früher unter der Bezeichnung "Feuerwerksspielwaren" geführt wurden und damit Missverständnisse hervorriefen (Auch diese FWKs können beim Abbrand Temperaturen von weit über 1000 Grad erreichen).

Chemie

Grundsätzlich unterscheidet sich eine normale Verbrennung nur wenig von der eines pyrotechnischen Satzes. Dennoch gibt es Unterschiede wie die Verbrennungsgeschwindigkeit oder auch die Komplexität (pyrotechnische Reaktionen laufen weitaus komplizierter ab als wie normale Verbrennungen) in der die Reaktionen ablaufen. So werden auch in pyrotechnischen Sätzen Brennstoffe (Reduktionsmittel) durch ein Oxidationsmittel, meist noch unter Anwesenheit von weiteren Stoffen wie Katalysatoren usw., oxidiert. Abhängig ist das Abbrandverhalten von Feuerwerksätzen auch noch von anderen Faktoren. Unter diese Faktoren fallen die Partikelgröße, die Abbrandbedingungen wie Temperatur, Druck oder Verdünnung und in wenigen Fällen auch der Art der Entzündung.

Die Chemikalien, die in den Sätzen der Feuerwerkerei Verwendung finden lassen sich in drei Gruppen gliedern. Zum ersten zählen da die Brennstoffe, hinzu kommen noch Oxidationsmittel und als dritte und letzte Gruppe die Zusatzstoffe die sich wiederum in viele kleine Gruppen aufspalten lässt (z.B. Farbgeber, Bindemittel, Katalysatoren).

Oxidationsmittel

Oxidationsmittel machen das Geheimnis pyrotechnischer Sätze aus, sie sorgen dafür, dass die Feuerwerksätze unabhängig vom Luftsauerstoff reagieren können, indem sie den Sauerstoff, ohne den nur wenige pyrotechnische Reaktionen ablaufen würden, für die Verbrennung zur Verfügung stellen. Damit die einzelnen Komponenten eines Feuerwerksatzes auch wirklich miteinander reagieren, sind noch weitere verschiedene Anforderungen an das Oxidationsmittel gestellt. So dürfen sie z.B. nicht hygroskopisch sein (Natriumnitrat NaNO_3 z.B. wäre ein perfekter Bestandteil für viele pyrot. Sätze, da es Farbgeber und Oxidationsmittel vereint, es kommt aber wegen seiner starken feuchtigkeitsanziehenden Neigung nicht zum Einsatz) und müssen ihren Sauerstoff schon bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen abgeben. Diese Bedingungen erfüllen zumeist Metallsalze sauerstoffreicher anorganischer Säuren wie Nitrate oder Perchlorate.

Brennstoff

Der Brennstoff ist neben dem Oxidationsmittel die zweit Hauptkomponente eines pyrot. Satzes. Der Brennstoff hat die Aufgabe, während der Reaktion eines pyrotechnischen Satzes in Verbindung mit einem Oxidationsmittel für eine hohe Temperatur zu sorgen. Eine hohe Temperatur ist dafür notwendig, dass z.B. die farberzeugenden Stoffe in einer bestimmten Wellenlänge zum leuchten angeregt werden. Je höher die Temperatur, desto größer ist auch die Lichtausbeute, die jedoch eine Grenze von 10% der Gesamtenergieabgabe nicht überschreitet. Zu den Brennstoffen zählen Metalle wie Magnesium, Titan oder Eisen, Legierungen wie Ferrotitanium oder Magnalium, Nichtmetalle wie Schwefel oder Kohlenstoff und organische Verbindungen wie Schellack oder PVC.

Zusatzstoffe

Alle weiteren Stoffe, die in einem pyrotechnischen Satz enthalten sind, bezeichnet man als Zusatzstoffe.

Farbgeber

Katalysatoren

Inhibitoren

Bindemittel

Physik der Pyrotechnik

Was wäre ein Feuerwerk ohne die prachtvollen Farben, die den Nachthimmel in ein wahrliches Farbenmeer verwandeln oder den schrill pfeifenden Aufstieg einer Rakete, das Blinken eines

Sternes oder lediglich der Knall bei der Zündung eines Knallers? Ohne die Physik ist die Pyrotechnik nicht vorstellbar. Wie dies alles funktioniert habe ich versucht auf dieser Seite zu erklären.

Leuchten

Wie entstehen nun die Farbeffekte? Eigentlich ist dies recht einfach zu beantworten, und hängt mit Gesetzen zusammen, die vielleicht dem einen oder anderem noch aus seiner Schulzeit bekannt sind. Und wenn nicht, dann kann man ja einmal versuchen etwas normales Kochsalz in eine nichtleuchtende Gasflamme (Gasherd, Gaslötgerät) fallen zu lassen, dabei wird man schnell feststellen, dass sich diese intensiv gelb verfärbt. Die Reaktionen die dabei stattfindet ist ganz typisch für Natriumsalze und letztendlich genauso auf die Pyrotechnik übertragbar. Die Farbe des Leuchtsatzes in der er abbrennd hängt von der Wellenlänge des emittierten Lichtes ab. Für uns Menschen ist dabei nur ein sehr geringes Spektrum von 380nm (violett) bis 780nm (rot) von Interesse. So hat zum Beispiel das gelbe Licht, welches man beim Natrium wahrnehmen kann, eine Wellenlänge von ca. 590nm; ein rotes Licht 605 bis 682nm (in der Pyrotechnik meist Strontiumsalmze); ein grünes Licht, welches zumeist durch Bariumsalmze erzeugt wird, 490 bis 560nm und das blaue Licht, meist von Kupfersalmze erzeugt, eine Wellenlänge von 435 bis 440nm. Für das Leuchten von diesen Salmze reicht die Energie, die beim Abbrennen freigesetzt wird aus, um die Elektronen eines Orbitals in ein höher liegendes zu befördern. Im nächsten Moment, in dem das Elektron dann wieder zurückfällt, wird die Energie die ihm zuvor zugeführt wurde unter anderem in Form von Lichtenergie wieder abgegeben. Und diese Reaktion ist es auch schon, die für die meisten so phantastischen Farben verantwortlich ist. Es gibt natürlich auch noch andere Reaktionen die in der Pyrotechnik eine Rolle spielen. So sind die meisten hell und stark leuchtenden Farben Reaktionen, bei denen Metalle wie Magnesium, Aluminium, Titan, Legierungen und andere bei mehreren tausend Grad Celsius verbrannt werden. Goldene Funken, die man z.B. in Palmen findet, werden meist von Holzkohle oder Eisen erzeugt. Beim Abbrand verglühen diese lediglich bei verhältnismässig niedrigen Temperaturen von etwa 1500 Grad Celsius. Eine letzte, sehr wichtige Eigenschaft findet man beim PVC (Polivynilchlorid). Ist dieses als Reaktionspartner beteiligt, so können sich die Metallsalmze zu sehr viel intensiver leuchtenden Metallchloriden verbinden und damit die Brillanz der Farben steigern.

Pfeifen

Das Pfeifen beim Aufstieg von Raketen, zünden von Luftheulern oder ähnlichem ist ebenfalls eine Reaktion die recht interessant ist. Wer den Abbrand eines Pfeifsatzes einmal beobachtet wird zunächst meinen, es handle sich hier um einen kontinuierlichen Abbrennen. In Wirklichkeit ist es aber so, dass es ca. 3000 bis 4000 kleiner Explosionen sind, die in einer einzigen Sekunde stattfinden. Dabei wird die darüber befindliche Luftsäule in Schwingungen versetzt. Ein Pfeifton etwa lässt sich bei einer Frequenz von 3500Hz wahrnehmen, das heißt, es finden ca. 3500 aufeinanderfolgende Explosionen statt. Wie dies nun im einzelnen abläuft möchte ich anhand der Grafik erklären: Im ersten Schritt findet eine Explosion statt, die die darüber befindliche Luft in eine Resonanz versetzt gleichzeitig bildet sich an der Oberfläche des Pfeifsatzes ein sehr reaktiver Satz. Durch die Explosion entsteht in der Hülse ein Unterdruck - es kommt zum Einströmen von Luft (Grafik 2), die beim Auftreffen auf die Satzoberfläche des Pfeifsatzes eine erneute Explosion in Gang setzt - das ganze abhängig von verschiedenen Parametern wie Hülsenlänge, Satzdichte etc. mehrere male pro Sekunde.

Blinken

Das Blinken, ein weiterer sehr schöner Effekt den man bei Großfeuerwerken ziemlich oft beobachten kann. Auch dieser Effekt lässt sich sehr gut an einer Grafik veranschaulichen: Im 1. Schritt findet die Zündung des Satzes statt. Anschließend folgt im 2. Schritt die sogenannte Dunkelphase, in der sich ein sehr reaktives Gemisch bildet und im 3. Schritt folgt letztendlich die heftige Reaktion des Satzes unter starkem Aufleuchten. Dabei wiederholen sich die Schritte 2 und 3 bis der Satz verbraucht ist.

Knallen

Das Knallen, ein ebenso schöner wie auch simpler Effekt. Beim Silvesterknaller, der in Deutschland lediglich mit max. 6g Schwarzpulver gefüllt ist wird der Knall ebenso wie bei anderen Knallern, die, z.B. beim Großfeuerwerk, Knallsätze (Salut) enthalten, durch den plötzlichen Druckanstieg und einer sich daraus resultierenden Schallwelle erzeugt.

Rauch

Rauchsätze werden hauptsächlich im technischen Feuerwerk für Notsignale, Sichtbarmachen von Luftströmungen, zur Tarnung und anderen Zwecken verwendet. Im Feuerwerk werden Rauchsätze meist nur im Indoorbereich benutzt aber auch im Outdoorfeuerwerk kann man sie finden und das nicht nur am Boden sondern auch in Bomben. Diese Bomben bezeichnet man dann als sogenannten Tagesbomben, Bomben deren Sterne nicht leuchten sondern eine Rauchfahne besitzen.

Rauch kann auf zwei verschiedenen Wegen erzeugt werden. Zum einen können stark hygroskopische Stoffe in der Luft verdampft werden. Ersteinmal in der Luft verteilt ziehen diese Stoffe dann den Wasserdampf aus der Luft an und bilden feinste Tröpfchen - einen Nebel. Die zweite, wesentlich populärere Variante, ist die Sublimation eines Farbstoffes. Auf diese Art ist es auch möglich farbigen Rauch zu erhalten. Dazu werden die Farbstoffe mit bis zu 50% in einen relativ kalt (die Farbstoffe dürfen sich nicht an der Reaktion beteiligen -verbrennen- sondern lediglich sublimieren) abbrennenden Satz "eingebetet". Es gibt natürlich auch noch weitere Varianten um Rauch zu erzeugen, doch sind das keine pyrotechnischen Reaktionen.