

**Unterlagen zur Vorbereitung auf die Fachkundeprüfung
nach § 9a SprengG zum Umgang
mit Feststoff-Raketenantrieben der Klasse T2,
mit Feststoff-Raketenantrieben der Klasse RG
sowie Raketentreibladungen (Reloads)**

Hinweis an den Prüfungsbewerber:

Das Ihnen vorliegende Lehrmaterial wurde von Ernst Maurer, staatlich anerkannter Lehrgangsträger nach § 32 Anbs. 1 der 1. SprengVO, Dr. Hendrik Lau, Thomas Schumb, dem Verein SOLARIS-Raketenmodellbau e.V. und weiteren engagierten Helfern in enger Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt München Land zusammengestellt.

Bei der Prüfung muß Ihnen der **Inhalt** der beigefügten Gesetzestexte und der weiteren Lehrinhalte geläufig sein. Die Angabe und das Auswendiglernen von Paragraphen sowie mathematischer Formeln wird nicht verlangt.

Bei Rückfragen und/oder Unklarheiten wenden Sie sich bitte an

Organisator und
staatl. anerkannter Lehrgangsträger
STD Ernst Maurer
Schlüterstrasse 109
85057 Ingolstadt

eMail: ernst-maurer.std@t-online.de
Tel.: 0 84 14 / 13 53

Mitorganisator und Fachreferent
2. Vorstand SOLARIS-RMB e.V.
Dr.rer.nat. Hendrik Lau
Mühlenstrasse 48
53859 Niederkassel

eMail: hendriklau@gmx.de
Tel.: 01 77 / 3 40 06 06

...oder an den zuständigen Fachreferenten des jeweiligen Lehrgebietes.

Vorraussetzung zur Teilnahme am Lehrgang:

Vorlage einer Unbedenklichkeitsbescheinigung nach § 34 Abs. 2 Satz 1 der 1. SprengV zu Beginn des Lehrganges!, die Sie von Ihrer zuständigen Behörde (Ordnungsamt, Gewerbeaufsichtsamt oder Amt für Arbeitsschutz) erhalten. Nachgewiesene Erfahrung im T1-Bereich des Raketenmodellbaus.

Prüfungsrelevant ist:

Gesetzliche Grundlagen zum Sprengstoffrecht und zum Luftrecht mit Strafbestimmungen (dazu gehören auch die Transportsicherheitsbestimmungen aus der Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn – GGVSE), Lagerbestimmungen, Unfallverhütungsvorschriften, Grundlagenkenntnisse über Schwarzpulver und Nitropulver wie z. B. Lagerbestimmungen, Zündtemperaturen etc., Berechnungen zur Flugstabilität und Flugleistungen von Raketen. Aufstieg eines selbst gebauten Raketenmodells mit einem Antrieb, der mindestens der Impulsklasse G (≥ 80 Ns) entspricht.

Kein Prüfungsstoff ist:

Berechnung und Bau von Fallschirmen, Bau von Zündgeräten, Herstellung von Zündern. Jedoch ist die Verwendung eines eigen gebauten und T2-konformen Zündgerätes Vorschrift, siehe Teil VII dieses Skriptums! Kein Prüfungsstoff ist das auswendige Zitieren von Paragraphen und Bestimmungen. Lediglich die Inhalte müssen Ihnen geläufig sein. Jegliche benötigte Formeln werden Ihnen in Form einer kleinen Formelsammlung zur Prüfung gereicht.

Unterbringung während des Lehrganges:

Die Lehrgangsleitung bemüht sich um eine preiswerte Lokalität in der Nähe des Raketenanstiegsgeländes bei Manching/Ingolstadt, in der der Lehrgang sowie die Unterbringung möglich sein wird. Für Rückfragen wenden Sie sich bitte telefonisch an Herrn Maurer. Es wird Ihnen als Lehrgangsteilnehmer angeraten, diese einheitliche Möglichkeit der Unterbringung zu nutzen, da sie Ihnen die Möglichkeit bietet, sich nach den Lehrstunden mit anderen Teilnehmern über offen stehende Fragen auszutauschen.

Mit der verbindlichen Anmeldung zu diesem Lehrgang erkennen Sie uneingeschränkt das Urheberrecht an.

© bei **SOLARIS-Raketenmodellbau e.V. · Neustadt/Weinstraße 2004**

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis

	Einführung in die gesetzlichen Bestimmungen.....	1
1	Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe.....	2
	1.1 Anlage 3 zum SprengG.....	13
	1.2 Erste Verordnung zum SprengG (1. SprengV).....	14
	1.2.1 Anlage 1 zur 1. SprengV.....	19
	1.3 Zweite Verordnung zum SprengG (2. SprengV).....	20
	1.3.1 Anlage zur 2. SprengV.....	21
2	Gefahrguttransportverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE).....	29
	2.1 Anlage A des ADR.....	31
	2.2 Anlage B des ADR.....	35
3	Gefahrgutausnahmereverordnung (GGAV) 2002.....	38
4	Strafgesetzbuch.....	39
5	Die Luftrechtliche Situation beim Raketenstart.....	40
	5.1 Luftverkehrsgesetz (LuftVG).....	41
	5.2 Luftverkehrsordnung (LuftVO).....	42
	5.3 Luftverkehrszulassungsordnung (LuftVZO).....	45
	5.3.1 Anlage 1 zur LuftVZO.....	46
	5.4 Luftrechtliche Strafbestimmungen.....	46
	5.5 Luftraumstruktur in Deutschland.....	47
	5.6 Richtlinien für die Genehmigung von Raketenstartplätzen.....	49
6	Sicherheitsvorschriften zum Start von Raketenflugmodellen.....	51
7	Berechnungen zur Flugstabilität und Flugleistung.....	53
	7.1 Ermittlung des Schwerpunktes und des Druckpunktes von Raketen.....	53
	7.2 Berechnung der Flugleistung einer Rakete.....	56

7.3	Berechnung von Fallschirmen für Raketenflugmodelle.....	58
7.4	Der Taschenfallschirm – eine Alternative zu Kappenfallschirm.....	60
8	Eigenschaften explosionsgefährlicher Stoffe.....	61
9	Gebündelte Antriebe – Antriebscluster.....	64
10	T2-konforme Zündgeräte.....	70
11	Techniken zum Packen von Fallschirmen.....	74
12	Techniken zum Fallschirmauswurf.....	77
13	Einführung in die Technik von Hybridmotoren.....	81
14	Anhang zur Lernakte.....	87

Einführung in die gesetzlichen Bestimmungen

Auszugsweise Wiedergabe der Bestimmungen für den Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen (Schwarzpulver, Treibladungspulver, Pulverzündschnüre, Feststoffraketenantriebe mit mehr als 20 g Treibstoffmasse) zum Aufstieg von Flugmodellen und Flugkörpern mit Raketenantrieb.

Zu beachten sind insbesondere:

Sprengstoffgesetz - SprengG -	Seite 2
Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz - 1. SprengV -	Seite 14
Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz - 2. SprengV -	Seite 20
Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn - GGVSE -	Seite 29
Strafgesetzbuch	Seite 39

Allgemeiner Hinweis

Wer für o. g. Zwecke explosionsgefährliche Stoffe erwerben, mit diesen Stoffen umgehen oder sie befördern will, bedarf der Erlaubnis nach § 27 Sprengstoffgesetz von der zuständigen Behörde (**Gewerbeaufsichtsamt, Amt für Arbeitsschutz oder Kreisverwaltungsbehörde**).

Die Voraussetzungen zum Erhalt der Erlaubnis sind:

Zuverlässigkeit

Der Antragsteller darf z.B. nicht trunksüchtig oder entmündigt sein. Es dürfen keine einschlägigen Vorstrafen vorliegen (Körperverletzung, Gefährdung der öffentlichen Sicherheit, Diebstahl etc.)

Fachkunde

Sie ist durch ein Prüfungszeugnis nachzuweisen.

Körperliche Eignung

In Zweifelsfällen ist eine ärztliche Bescheinigung erforderlich.

Mindestalter 21 Jahre

In besonderen Fällen kann ab dem vollendeten 18. Lebensjahr eine Ausnahmegenehmigung erteilt werden.

Bedürfnisnachweis

Ein berechtigtes Bedürfnis kann z.B. durch den Nachweis der Mitgliedschaft in einer Vereinigung, die den Start von Raketenmodellen betreibt, glaubhaft gemacht werden.

1 Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Auszug)

(Sprengstoffgesetz - SprengG - in der Bekanntmachung der Neufassung vom 10. 09. 2002 (BGBl I S. 3518))

§ 1 Anwendungsbereich

- (1) Dieses Gesetz gilt für den Umgang und Verkehr mit, sowie die Einfuhr von festen oder flüssigen Stoffen und Zubereitung (Stoffe), die durch eine nicht außergewöhnliche thermische, mechanische oder andere Beanspruchung zur Explosion gebracht werden können (explosionsgefährliche Stoffe), soweit sie zur Verwendung als Explosivstoffe, oder als pyrotechnische Sätze bestimmt sind ...
- (2) Den Explosivstoffen nach Absatz 1 stehen bei der Anwendung des Gesetzes mit Ausnahme des § 2 gleich
 1. explosionsgefährliche Stoffe, die nicht explosionsgefährlich, jedoch zur Verwendung als Explosivstoffe bestimmt sind.
 -
 3. Zündmittel

Den **pyrotechnischen Sätzen** nach Absatz 1 stehen bei der Anwendung des Gesetzes mit Ausnahme des § 2 gleich

1. pyrotechnische Gegenstände
-
3. Anzündmittel

§ 3 Begriffsbestimmungen

(1) Im Sinne dieses Gesetzes sind

1. **Explosivstoffe** die in der Anlage III zu diesem Gesetz (Explosivstoffliste) bestimmten Stoffe oder Gegenstände, die nach der Richtlinie 93/15 EWG des Rates vom 5.4.1993 zur Harmonisierung der Bestimmungen über das Inverkehrbringen und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke in der jeweils geltenden Fassung als solche betrachtet werden oder diesen in Zusammensetzung und Wirkung ähnlich sind.

(Anm.: Anlage 3 siehe Seite 13 dieser Zusammenstellung)

2. **Pyrotechnische Gegenstände** solche Gegenstände, die Vergnügungs- oder technischen Zwecken dienen und in denen explosionsgefährliche Stoffe oder Stoffgemische (pyrotechnische Sätze, Schwarzpulver) enthalten sind, die dazu bestimmt sind, unter Ausnutzung der in diesen enthaltenen Energie Licht-, Schall-, Rauch-, Nebel-, Heiz-, Druck- oder Bewegungsenergie zu erzeugen.

3. **Zündmittel** Gegenstände, die explosionsgefährliche Stoffe enthalten und die ihrer Art nach zur detonativen Auslösung von Sprengstoffen oder Sprengschnüren bestimmt sind.

4. **Anzündmittel** Gegenstände, die explosionsgefährliche Stoffe enthalten und die ihrer Art nach zur nichtdetonativen Auslösung von Explosivstoffen oder pyrotechnischen Sätzen und Gegenständen bestimmt sind.

(2) Im Sinne dieses Gesetzes umfasst

1. der **Umgang** mit explosionsgefährlichen Stoffen das Herstellen, Bearbeiten, Verarbeiten, Wiedergewinnen, Aufbewahren, Verbringen, Verwenden und Vernichten sowie innerhalb der Betriebsstätte den Transport, das Überlassen und die Empfangnahme dieser Stoffe...

2. der **Verkehr** mit explosionsgefährlichen Stoffen das Inverkehrbringen, Erwerben, Vertreiben (Feilbieten, Entgegennehmen und Aufsuchen von Bestellungen), das Überlassen und das Vermitteln des Erwerbs, des Vertriebs und das Überlassen dieser Stoffe,

3. die **Einfuhr** jede Ortsveränderung von explosionsgefährlichen Stoffen aus einem Staat, der nicht Mitglied der Europäischen Union ist (Drittstaat), in den Geltungsbereich des Gesetzes, die **Ausfuhr** jede Ortsveränderung aus dem Geltungsbereich dieses Gesetzes in einen Drittstaat und die **Durchfuhr** jede Ortsveränderung zwischen Drittstaaten unter

zollamtlicher Überwachung durch den Geltungsbereich dieses Gesetzes.

(3) Im Sinne dieses Gesetzes ist

1. das **Verbringen** jede Ortsveränderung außerhalb einer Betriebsstätte von unter dieses Gesetz fallenden Stoffen und Gegenständen

a) im Geltungsbereich dieses Gesetzes

b) aus einem anderen Staat der Europäischen Union (Mitgliedstaat) im Geltungsbereich dieses Gesetzes oder umgekehrt.

2. das **Inverkehrbringen** jede entgeltliche oder unentgeltliche erstmalige Bereitstellung von explosionsgefährlichen Stoffen im Geltungsbereich dieses Gesetzes zu Zwecke des Vertriebs oder der Verwendung dieser Stoffe.

§ 5 Zulassung

(1) Pyrotechnische Sätze, sonstige explosionsgefährliche Stoffe und Sprengzubehör dürfen nur eingeführt, verbracht, vertrieben, anderen überlassen oder verwendet werden, wenn sie ihrer Zusammensetzung, Beschaffenheit und Bezeichnung nach von der Bundesanstalt zugelassen worden sind, Die Zulassung wird entweder dem Hersteller, seinem in einem Mitgliedsstaat ansässigen Bevollmächtigten oder dem Einführer auf Antrag erteilt.

§ 5a Konformitätsnachweis für Explosivstoffe

(1) Explosivstoffe dürfen nur eingeführt, verbracht, in Verkehr gebracht, vertrieben, anderen überlassen oder verwendet werden, wenn der Hersteller oder sein in einem Mitgliedsstaat ansässiger Bevollmächtigter für sie den Konformitätsnachweis erbracht hat und die Stoffe mit der CE-Kennzeichnung (CE-Zeichen) versehen sind. Der Konformitätsnachweis ist erbracht, wenn die EG-Baumuster der Explosivstoffe den in Anhang I der Richtlinie 93/15 vom 05.04.1993 nachgefertigten Explosivstoffen den EG-Baumustern entsprechen und beides durch eine Bescheinigung nachgewiesen ist.

§ 8 Versagen der Erlaubnis

(1) Die Erlaubnis ist zu versagen, wenn

1. Tatsachen die Annahme rechtfertigen, dass der Antragsteller oder eine der mit der Leitung des Betriebes, einer Zweigniederlassung oder einer unselbständigen Zweigstelle beauftragten Person die erforderliche Zuverlässigkeit nicht besitzt,
2. eine der in Nummer 1 bezeichneten Personen
 - a) die erforderliche Fachkunde nicht nachweist oder
 - b) die erforderliche körperliche Eignung nicht besitzt oder
 - c) das 21. Lebensjahr nicht vollendet hat.

Anm.: Ausnahmen von der Alterserfordernis in besonderen Fällen möglich (vgl. § 27 Abs. 5 SprengG).

§ 9 Fachkunde

(1) Den Nachweis der Fachkunde hat erbracht,

1. wer die erforderliche Teilnahme an einem staatlichen oder staatlichen anerkannten Lehrgang für die beabsichtigte Tätigkeit durch ein Zeugnis nachweist oder
2. wer eine Prüfung vor der zuständigen Behörde bestanden hat.

§ 15 Einfuhr, Durchfuhr und Verbringen

- (1) Wer explosionsgefährliche Stoffe einführen oder verbringen oder durch einen anderen einführen oder verbringen lassen will, hat nachzuweisen, dass er zum Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen oder zum Erwerb dieser Stoffe berechtigt ist ...
- (3) Explosionsgefährliche Stoffe sind im Falle der Einfuhr oder Durchfuhr bei den zuständigen Überwachungsbehörden anzumelden und auf Verlangen vorzuführen.

Anm.: Zuständige Überwachungsbehörden sind die Zolldienststellen

§ 19 Verantwortliche Personen

- (1) Verantwortliche Personen ... sind
 1. der Erlaubnisinhaber ...
- (2) Bei dem Umgang und dem Verkehr mit explosionsgefährlichen Stoffen ... ist ferner die Person verantwortlich, die die tatsächliche Gewalt über die explosionsgefährlichen Stoffe ausübt.

§ 22 Vertrieb und Überlassen

- (1) Explosionsgefährliche Stoffe dürfen nur von verantwortlichen Personen vertrieben oder an andere überlassen werden. Die verantwortlichen Personen dürfen diese Stoffe nur an Personen vertreiben oder Personen überlassen, die nach dem Gesetz, einer auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung oder nach landesrechtlichen Vorschriften damit umgehen oder den Verkehr mit diesen Stoffen betreiben dürfen.
- (2) Verbringer dürfen Stoffe, die im Beförderungspapier nach gefahrgutrechtlichen Vorschriften oder, falls ein Beförderungspapier nicht vorgeschrieben ist, auf dem Versandstück als explosionsgefährliche Stoffe gekennzeichnet sind, nur überlassen
 1. dem vom Auftraggeber bezeichneten Empfänger, ... oder einer verantwortlichen Person ...
- (3) Personen unter 18 Jahren dürfen explosionsgefährliche Stoffe nicht überlassen werden.

§ 23 Mitführen von Urkunden

... die verantwortlichen Personen haben bei dem Umgang und dem Verkehr mit explosionsgefährlichen Stoffen dieser Stoffe die Erlaubnisurkunde, ... mitzuführen und auf Verlangen den Beauftragten der zuständigen Behörden vorzulegen.

Anm.: Zuständige Behörden sind: Gewerbeaufsichtsamt
Polizei

§ 24 Schutzvorschriften

- (1) Die verantwortlichen Personen haben bei dem Umgang und dem Verkehr mit explosionsgefährlichen Stoffen Beschäftigte und Dritte vor Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachgütern zu schützen, soweit die Art des Umgangs oder des Verkehrs oder Beförderung dies zulässt; - sie haben hierbei die allgemein anerkannten Regeln der Sicherheitstechnik anzuwenden.
- (2) Die verantwortlichen Personen haben zum Schutze der in Absatz 1 bezeichneten Rechtsgüter insbesondere
...
 4. die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit nicht explosionsgefährliche Stoffe abhanden kommen oder Beschäftigte oder Dritte diese Stoffe unbefugt an sich nehmen.

§ 26 Anzeigepflicht

- (1) Die verantwortlichen Personen haben das Abhandenkommen von explosionsgefährlichen Stoffen der zuständigen Behörde unverzüglich anzuzeigen.

Anm.: Zuständige Behörde ist die Polizei

- (2) Die verantwortlichen Personen nach § 19 Abs.1 Nr. 1 ... haben jeden Unfall, der bei dem Umgang oder bei dem Verkehr mit explosionsgefährlichen Stoffen oder bei der Beförderung dieser Stoffe eintritt, der zuständigen Behörde unverzüglich anzuzeigen.

Anm.: Zuständige Behörde ist das Gewerbeaufsichtsamt, bzw. Amt für Arbeitsschutz (Eine freiwillige Unfallversicherung wird empfohlen)

§ 27 Erlaubnis zum Erwerb und zum Umgang (im nicht gewerblichen Bereich)

- (1) Wer ...
 1. explosionsgefährliche Stoffe erwerben oder,
 2. mit explosionsgefährlichen Stoffen umgehen will,bedarf der **Erlaubnis**.

(2) Die Erlaubnis ist in der Regel für die Dauer von fünf Jahren zu erteilen. Sie kann inhaltlich und räumlich beschränkt und mit Auflagen verbunden werden, soweit dies zur Verhütung von Gefahren für Leben, Gesundheit oder Sachgüter oder von erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen für Dritte erforderlich ist. Die nachträgliche Beifügung, Änderung und Ergänzung von Auflagen ist zulässig.

(3) Die Erlaubnis ist zu versagen, wenn

1. beim Antragsteller Versagungsgründe nach § 8 Abs. 1 vorliegen,
2. der Antragsteller ein **Bedürfnis** für die beabsichtigten Tätigkeiten nicht nachweist,
3. inhaltliche Beschränkungen oder Auflagen zum Schutze der in Absatz 2 Satz 2 bezeichneten Rechtsgüter nicht ausreichen.

Satz 1 Nr. 2 (Bedürfnisnachweis) gilt nicht für die Erlaubnis und zur Verwendung pyrotechnischer Gegenstände. Für den Nachweis der Fachkunde gilt § 9 Abs. 1 und 2 entsprechend.

(4) Die Erlaubnis kann versagt werden, wenn der Antragsteller

1. nicht Deutscher im Sinne des Artikels 116 des Grundgesetzes ist oder
2. nicht seit mindestens drei Jahren seinen Wohnsitz oder gewöhnlichen Aufenthalt ununterbrochen im Geltungsbereich dieses Gesetzes hat.

(5) Die zuständige Behörde kann für den Einzelfall eine Ausnahme von dem Alterserfordernis des Absatzes 3 Satz 1 Nr. 1 in Verbindung mit § 8 Abs. 1 Nr. 2 Buchstabe c zulassen, wenn öffentliche Interessen nicht entgegen stehen.

Anm.:

a) Zuständige Behörde ist das Gewerbeaufsichtsamt, § 27 SprengG gilt für den nichtgewerblichen Bereich

b) ein Bedürfnis liegt vor, wenn der Antragsteller ein berechtigtes wirtschaftliches, berufliches oder sonst begründetes persönliches Interesse am Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen oder am Erwerb oder der Beförderung glaubhaft nachweist.

§ 30 Allgemeine Überwachung

Der Umgang und der Verkehr mit explosionsgefährlichen Stoffen unterliegen der Überwachung durch die zuständige Behörde.

Anm.: Zuständige Behörden sind: Gewerbeaufsichtsamt bzw. Amt für Arbeitsschutz
Kreisverwaltungsbehörden
Polizei

§ 31 Auskunft, Nachschau

- (1) Personen, die einer Erlaubnis nach § 27 bedürfen, haben der zuständigen Behörde die für die Durchführung des Gesetzes erforderlichen Auskünfte zu erteilen.

Anm.: Zuständige Behörden sind: Gewerbeaufsichtsamt bzw. Amt für Arbeitsschutz
Kreisverwaltungsbehörde
Polizei

- (2) Die von der zuständigen Behörde mit der Überwachung beauftragten Personen sind befugt, Grundstücke,... Beförderungsmittel und zur Verhütung dringender Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung auch Wohnräume des Auskunftspflichtigen zu betreten, dort Prüfungen und Besichtigungen vorzunehmen.

Beauftragte sind berechtigt, gegen Empfangsbcheinigung Proben nach Ihrer Wahl zu fordern oder zu entnehmen, soweit dies zur Überwachung erforderlich ist. ... Der Auskunftspflichtige hat die Maßnahmen nach Satz 1 und 2 zu dulden. Das Grundrecht der Unverletzlichkeit der Wohnung (Art. 13 des Grundgesetzes) wird insoweit eingeschränkt.

Anm.: Zuständige Behörden sind: Gewerbeaufsichtsamt bzw. Amt für Arbeitsschutz
Kreisverwaltungsbehörden
Polizei

- (3) Der zur Auskunft Verpflichtete kann die Auskunft auf solche Fragen verweigern, deren Beantwortung ihn selbst oder einen der in § 383 Abs. 1 Nr. 1-3 der Zivilprozessordnung bezeichneten Angehörigen der Gefahr strafgerichtlicher Verfolgung oder eines Verfahrens nach dem Gesetz über Ordnungswidrigkeiten aussetzen würde.

§ 32 Anordnung der zuständigen Behörden

(1) Die zuständige Behörde kann im Einzelfall anordnen, welche Maßnahmen zur Durchführung des § 24 und der auf Grund des § 25 oder § 29 erlassenen Rechtsverordnung zu treffen sind.

Anm.: Zuständige Behörden sind: Gewerbeaufsichtsamt bzw. Amt für Arbeitsschutz
Kreisverwaltungsbehörden
Polizei

§ 34 Rücknahme oder Widerruf

- (1) Eine Erlaubnis, eine Zulassung ... nach diesem Gesetz sind zurückzunehmen, wenn sie hätten versagt werden müssen. Die genannten Berechtigungen können zurückgenommen werden, wenn sie hätten versagt werden können.
- (2) Eine Erlaubnis, eine Zulassung... sind zu widerrufen, wenn nachträglich Tatsachen eintreten, die zur Versagung hätten führen müssen. Die genannten Berechtigungen können ... widerrufen werden, wenn inhaltliche Beschränkungen nicht beachtet werden.

§ 35 Abhandenkommen des Erlaubnisbescheides ...

Folgen des Erlöschens, der Rücknahme und des Widerrufs

- (1) Der Erlaubnisinhaber und ... haben der zuständigen Behörde den Verlust des Erlaubnisbescheides... unverzüglich anzuzeigen. Sie haben den Erlaubnisbescheid der zuständigen Behörde zurückzugeben, wenn die Erlaubnis... erloschen ist, zurückgenommen oder widerrufen worden ist.
- (2) Ist der Erlaubnisbescheid,... in Verlust geraten, so sollen der Erlaubnisbescheid, ... für ungültig erklärt werden. Die Erklärung der Ungültigkeit wird im Bundesanzeiger bekannt gemacht.

Anm.: Zuständige Behörden sind: Gewerbeaufsichtsamt bzw. das Amt für Arbeitsschutz,
Kreisverwaltungsbehörde

Die Kosten für die Erklärung der Ungültigkeit hat der Erlaubnisinhaber zu tragen.

§ 36 Zuständige Behörden

...

- (2) Die Landesregierungen oder die von ihnen bestimmten Stellen bestimmen die für die Ausführung dieses Gesetzes sachlich zuständigen Behörden, soweit nicht Bundesbehörden zuständig sind.

Anm.: Örtlich zuständig ist die Behörde, in deren Bezirk der Antragsteller oder derjenige, der nach diesem Gesetz verpflichtet ist oder gegen den nach diesem Gesetz Anordnungen getroffen werden sollen, seinen gewöhnlichen Aufenthalt oder bei Fehlen eines gewöhnlichen Aufenthaltes seinen jeweiligen Aufenthaltsort hat. ...

§ 37 Kosten

- (1) Für die Amtshandlungen, Prüfungen ... werden Kosten (Gebühren und Auslagen) erhoben. Das Verwaltungskostengesetz vom 23. Juni 1970 (Bundesgesetzblatt I S. 821) ist anzuwenden.

§ 40 Strafbarer Umgang und Verkehr sowie strafbare Beförderung und Einfuhr

- (1) Wer ohne die erforderliche Erlaubnis

...

3. entgegen § 27 Abs. 1 explosionsgefährliche Stoffe, ausgenommen pyrotechnische Gegenstände erwirbt oder mit diesen Stoffen umgeht wird mit einer Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit einer Geldstrafe bestraft.

- (2) Ebenso wird bestraft, wer

1. entgegen § 15 Abs. 1 Satz 1 explosionsgefährliche Stoffe einführt oder durch einen anderen einführen lässt, ohne seine Berechtigung zu Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen oder zu deren Erwerb nachgewiesen zu haben.

2. ein Lager ohne Genehmigung nach § 17 Abs. 1 Satz 1 Nr. 1 oder nach einer wesentlichen Änderung ohne Genehmigung nach § 17 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 betreibt,

3. explosionsgefährliche Stoffe, ausgenommen nach § 5 Abs. 1 Satz 1 zugelassene pyrotechnische Gegenstände,
- a) entgegen § 22 Abs. 1 Satz 2 an Personen vertreibt oder Personen überläßt, die mit diesen Stoffen nicht umgehen oder den Verkehr mit diesen Stoffen nicht betreiben dürfen.
- (3) Wer wissentlich durch eine der in den Absätzen 1 oder 2 bezeichneten Handlungen Leib oder Leben eines anderen oder fremde Sachen von bedeutendem Wert gefährdet, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

§ 41 Ordnungswidrigkeiten (gekürzt)

Ordnungswidrig handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig gegen die Bestimmungen verstößt, die in § 40 nicht genannt sind, wer

z. B.

- pyrotechnische Sätze ohne Zulassung einführt, verbringt, vertreibt, anderen überläßt oder verwendet (Abs. 1 Nr. 2) oder
- entgegen § 5 a Abs. 1 Satz 1 Explosivstoffe einführt, verbringt, in Verkehr bringt, vertreibt, anderen überläßt oder verwendet (Abs. 1 Nr. 3 a) oder
- gegen die Vorschrift des § 23 über das Mitführen von Urkunden verstößt (Abs. 1 Nr. 12) oder
- entgegen § 27 Abs. 1 pyrotechnische Gegenstände erwirbt oder mit diesen Gegenständen umgeht,

Anm.: In § 41 sind insgesamt 17 Tatbestände von Ordnungswidrigkeiten aufgeführt.

Eine Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße bis zu 50.000 € geahndet werden.

1.1 Anlage 3 zum Sprengstoffgesetz

Explosivstoffliste nach § 3 Abs. 1 Nr. 1 des Gesetzes

Auszug:

1 a) Explosivstoffe und Gegenstände im Sinne von Art. 1 Abs. 2 und 2 der Richtlinie 93/15 EWG des Rates vom 05. 04. 1993...

....

(Die nachfolgenden UN-Nummern bedeuten die
Gefahrgut-Kennnummer für den Transport)

Schwarzpulver (UN-Nrn. 0027, 0028)

Treibladungspulver (UN-Nrn. 0160, 0161)

Anzündschnur (Sicherheitszündschnur) (UN-Nr. 0105)

....

2. Explosivstoffe und Gegenstände nach § 3 Abs. 1 Nr. 1, sofern sie nicht ausschließlich für militärische Verwendung bestimmt sind (Art. 1 Abs. 3 1. Anstrich der Richtlinie 93/15)

Raketen, mit Ausstoßladung (UN-Nrn. 0436, 0437, 0438)

Raketenmotoren (UN-Nrn. 0186, 0280, 0281)

Raketenmotoren, Flüssigtreibstoff (UN-Nrn. 0395, 0396)

Treibsätze (UN-Nrn. 0271, 0272, 0415, 0491)

Treibstoff, fest (UN-Nr. 0498)

Treibstoff, flüssig (UN-Nr. 0497)

Vorrichtungen, durch Wasser aktivierbar,
mit Zerleger, Ausstoß oder Treibladung (UN-Nrn. 0248, 0249)

1.2 Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV)

in der Fassung der Bekanntmachung vom 31.01.1991 (BGBl I S. 169), zuletzt geändert am 11.10.2002 (BGBl I S. 4013)

(Auszug)

§ 1

....

- (2) Die §§ 7 bis 13, 20 und 21, 22 Abs. 1 u. 2 u. § 23 des Sprengstoffgesetzes (Gesetz) sind nicht anzuwenden auf

1. das Aufbewahren von elektrischen Anzündern, Anzündschnüren und Anzündern für Pulverzündschnüre; dies gilt nicht für offene Anzündschnüre (Stoppinen) und elektrische Anzünder mit Sprengkapseln.

...

- (4) § 15 Abs. 1 und § 27 des Gesetzes, soweit es sich um das Aufbewahren und Verwenden handelt, sind nicht anzuwenden auf das Einführen und Verbringen von

2. Modellraketen in einer Menge bis zu 25 Stück zu je maximal 20 g Treibsatz durch im Geltungsbereich des Gesetzes nicht ansässige Mitglieder von Raketensportclubs, zur Teilnahme an sportlichen oder Brauchtumsveranstaltungen, sofern die Teilnahme durch eine Einladung der veranstaltenden Vereinigung nachgewiesen wird und... die nicht verbrauchten Modellraketen spätestens innerhalb eines Monats vom Zeitpunkt der Einfuhr an gerechnet wieder ausgeführt werden.

Anm.: § 27 SprengG ist jedoch voll anwendbar - das SprengG gilt nicht für Zündpillen und Zündlamellen.

§ 3

- (1) § 5 des Gesetzes ist nicht anzuwenden auf

...

10. Modellraketen, die von Personen nach § 1 Abs. 4 Nr. 2 (SprengV) in der dort genannten Menge eingeführt werden.

Anm.: § 5 des Sprengstoffgesetzes betrifft die Zulassungspflicht, § 15 Abs. 1 die Notwendigkeit einer Einfuhrerlaubnis, § 27 die Erlaubnispflicht für den Umgang. Dies bedeutet, dass bei Raketenmodellwettbewerben Teilnehmer aus dem Ausland eigene Raketenmodellantriebe in der o. g. begrenzten Menge ohne vorherige Zulassung und ohne besondere Erlaubnis einführen können und verwenden können sofern die Treibsatzmasse eines Antriebs 20 g nicht überschreitet.

§ 4

(1) § 16 des Gesetzes (Aufzeichnungspflicht) ist nicht anzuwenden auf

....

2. explosionsgefährliche Stoffe, die von dem Inhaber einer Erlaubnis nach § 27 des Gesetzes in einer Menge erworben, eingeführt, verbracht, **verwendet** oder vernichtet werden, für die eine Genehmigung zur Aufbewahrung nach § 17 des Gesetzes nicht erforderlich ist.

3. elektrische Anzünder, Anzündschnüre, Anzünder für Anzündschnüre sowie pyrotechnische Gegenstände.

↓ Ausnahmeregelung für Raketenmodellantriebe mit max. 20 g Treibstoffinhalt ↓

(2) Die in § § 7 bis 13, 20, 21, 22 Abs. 1 und 2, § § 23, 27 sowie 28 des Gesetzes, soweit er sich auf § 22 Abs. 1 und 2 und § 23 bezieht, sind nicht anzuwenden auf das Aufbewahren, das Verwenden, das Vernichten, den Erwerb, den Vertrieb, das Verbringen und das Überlassen von **pyrotechnischen Gegenständen** der Klassen I, und II und der Unterklasse T₁, **Anzündmittel** sowie **Raketenmotoren für die in § 1 Abs. 4 Nr. 2 bezeichneten Modellraketen und die hierfür bestimmten Anzündmittel. ...**

§ 6

....

(3) Pyrotechnische Gegenstände werden nach den Anforderungen der Anlage 1 nach ihrer Gefährlichkeit oder ihrem Verwendungszweck in folgende Klassen eingeteilt:

Klasse I: Kleinstfeuerwerk

Klasse II: Kleinf Feuerwerk

Klasse III:	Mittelfeuerwerk
Klasse IV:	Großfeuerwerk
Klasse T:	Pyrotechnische Gegenstände für technische Zwecke

Nach dem Grad ihrer Gefährlichkeit wird die Klasse T in die Unterklassen T₁ und T₂ eingeteilt. Zu den pyrotechnischen Gegenständen für technische Zwecke gehören insbesondere Gegenstände, die zur Rettung von Menschen, zur Beförderung von Gegenständen oder zu meteorologischen Zwecken bestimmt sind oder als Hilfsmittel bei Arbeitsvorgängen, als Signalmittel, als Pflanzenschutz- oder Schädlingsbekämpfungsmittel oder **Lehr- und Sportzwecken** dienen sollen, sowie Knallkorken.

§ 6 a

- (1) Explosivstoffe müssen zum Nachweis der Konformität nach § 5 a Abs. 1 des Gesetzes in ihrer Zusammensetzung und Beschaffenheit den Anforderungen der Anlage 1 a entsprechen. Das hierfür anzuwendende Konformitätsnachweisverfahren besteht aus dem EG-Baumusterprüfverfahren und dem Qualitätssicherungsverfahren.

§ 8

Die Zulassungsbehörde hat für pyrotechnische Sätze, sonstige explosionsgefährliche Stoffe nach § 1 Abs. 3 Nr. 1 und 2 des Gesetzes und für Sprengzubehör dem Zulassungsinhaber die Verwendung eines Zulassungsverfahrens vorzuschreiben. Das Zulassungszeichen besteht aus der Kurzbezeichnung der Bundesanstalt als Zulassungsbehörde „BAM“, dem für den jeweiligen Stoff oder Gegenstand vorgesehenen Zeichen und einer fortlaufenden Kennnummer zusetzt. Satz 2 findet entsprechende Anwendung für die Identifikationsnummer nach § 6 a Abs. 1 a Satz 3 (CE – Identifikationsnummer)

§ 21

....

- (2) Pyrotechnische Gegenstände der Klasse III und IV und der Unterklasse T₂ dürfen nur Personen überlassen werden, die nach § 7 oder § 27 des Gesetzes zum Erwerb berechtigt sind oder mit diesen Gegenständen umgehen dürfen.

....

- (4) Jedem pyrotechnischen Gegenstand, ausgenommen einem solchen der Klassen IV, sowie jedem Anzündmittel ist eine Gebrauchsanweisung beizufügen. ... Soweit sich die Gebrauchsanweisung auf einzelnen Gegenständen nicht anbringen lässt, genügt die Anbringung auf der kleinsten Verpackungseinheit. ...

§ 23

....

- (3) Jugendliche, die das 14. Lebensjahr vollendet haben, dürfen pyrotechnische Gegenstände der Unterklasse T₁, sowie Raketenmotore für die in § 1 Abs. 4 Nr. 2 bezeichneten Modellraketen und die hierfür bestimmten Anzündmittel, die für Lehr- und Sportzwecke bestimmt sind, nur unter Aufsicht des Sorgeberechtigten bearbeiten und verwenden. In einer sportlichen oder technischen Vereinigung ist dies nur zulässig, wenn der Sorgeberechtigte schriftlich sein Einverständnis erklärt hat oder selbst anwesend ist.

§ 25

- (1) Explosivstoffe, pyrotechnische Sätze und sonstige explosionsgefährliche Stoffe..., zu deren Erwerbes der Erlaubnis bedarf, dürfen einem anderen nur gegen Vorlage des Erlaubnisbescheides oder einer von der Erlaubnisbehörde erteilten weiteren Ausfertigung des Erlaubnisbescheides überlassen werden. Beim Überlassen dieser Stoffe – ausgenommen pyrotechnischer Gegenstände – an Inhaber einer Erlaubnis nach § 27 Abs. 1 Nr. 1 und 2 des Gesetzes sind Art und Menge der Stoffe, der Tag des Überlassens sowie der Name und die Anschrift des Überlassers dauerhaft in der Erlaubnisurkunde des Erwerbers einzutragen.

§ 28

- (1) Explosionsgefährliche Stoffe dürfen nicht vertrieben, anderen überlassen oder verwendet werden, wenn sie ganz oder teilweise stammen aus
1. Fundmunition oder
 2. Zündkörpern, Sonderkörpern mit explosionsgefährlichen Stoffen oder Treibladungspulver oder aus Feststoffraketen von Lagermunition oder
 3. Lagermunition oder anderen als den in Nummer 2 genannten Gegenständen von Lagermunition, die
 - a) wegen ungenügender Lagerbeständigkeit ausgesondert war oder
 - b) außergewöhnlichen mechanischen, thermischen oder sonstigen Beanspruchungen unterworfen war, von denen anzunehmen ist, dass sie die Empfindlichkeit oder Beständigkeit der in der Munition enthaltenen Stoffe, insbesondere durch Einwirkung von Bränden oder Explosionen, verändert haben.

§ 29

....

- (2) Die zuständige Behörde soll eine abgelegte Prüfung als Nachweis der Fachkunde ganz oder teilweise nicht anerkennen, wenn seit deren Ablegung mehr als fünf Jahre verstrichen sind und der Antragsteller seit dem Zeitpunkt der Prüfung die erlaubnispflichtige Tätigkeit rechtmäßig nicht oder überwiegend nicht ausgeübt hat.

1.2.1 Anlage 1 zur 1. SprengV

Anforderungen an die Zusammen-setzung und Beschaffenheit von pyrotechnischen Sätzen, sonstigen explosionsgefährlichen Stoffen, ... (Auszug)

Vorbemerkung zur Erläuterung:

Nach Anlage III zum Sprengstoffgesetz (siehe Seite 9 dieser Zusammenstellung) sind Raketenmodellantriebe den explosionsgefährlichen Stoffen und nicht mehr den pyrotechnischen Gegenständen zuzuordnen. Es sind jedoch noch einige Raketenmodellantriebe mit pyrotechnischer Zulassung (Zulassungszeichen BAM-PT₁-) erhältlich. Daher werden auch Bestimmungen überpyrotechnische Gegenstände behandelt.

Nr. 1 Ziff. 1.1 Abs. 5

Pyrotechnische Gegenstände müssen so beschaffen sein, dass sie nicht höher als 100 m steigen.

Anm.: Ausnahme bei Antrieben für Flug- und Raketenmodelle; - siehe Nr. 1 Ziff. 1.3.4 Nr. 42 (Steighöhe)

Nr. 1 Ziff. 1.1 Abs. 6

Pyrotechnische Gegenstände dürfen bei bestimmungsgemäßer Verwendung keine gefährlichen Splitter bilden.

Nr. 1 Ziff. 1.3.4. (Steighöhe)

Für pyrotechnische Gegenstände der Klasse T₂ gelten **nicht** die Absätze 5 und 6.

Nr. 1 Ziff 1.3.4 Abs. 43 e

Die Gegenstände der Klasse T sind der Unterklasse T₁ zuzuordnen, wenn sie folgenden Anforderungen entsprechen:

....

e) Raketen dürfen nicht mehr als 20 g Treibsatz enthalten.

1.3 Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV)

in der Neufassung vom 10.09.2002 (BGBl S. 3543)

§ 1 Sachlicher Geltungsbereich

- (1) Die Verordnung gilt für die **Aufbewahrung** von explosionsgefährlichen Stoffen.

....

§ 2 Allgemeine Anforderungen

- (1) Explosionsgefährliche Stoffe müssen nach den Vorschriften des Anhangs zu dieser Verordnung und im übrigen nach den allgemein anerkannten sicherheitstechnischen Regeln aufbewahrt werden.

....

§ 4 Lagergruppenzuordnung

- (1) Wer explosionsgefährliche Stoffe aufbewahrt, hat hierbei die **Lagergruppe** zugrunde zu legen, mit der die Verpackung gekennzeichnet ist oder, falls eine solche Kennzeichnung fehlt, die Lagergruppe, die von der Bundesanstalt für Materialprüfung bestimmt und im Bundesanzeiger bekannt gemacht ist.

§ 6 Freistellung vom Genehmigungsvorbehalt

Kleine Mengen von Stoffen und Gegenständen nach Nummer 4 des Anhangs dürfen ohne Genehmigung nach § 17 des Gesetzes aufbewahrt werden. Die Erlaubnisvorbehalte nach den §§ 7 und 27 des Gesetzes bleiben unberührt.

Anm.: Definition des Begriffs „kleine Mengen“ siehe Seite 28 unter Anlage 6

1.3.1 Anlage zur 2. SprengV

Anm.: Im folgenden Anhang zur 2. SprengV sind in den Abschnitten 4.1 und 4.2 die Bestimmungen der Richtlinie „Aufbewahrung kleiner Mengen - SprengLR 410“ (Bek. des BMA vom 10.12.1981 - IIIb 4 - 3896.0173 BA 6) eingearbeitet und durch senkrechte Randstriche gekennzeichnet.

....

2.1 Allgemeines

....

- (2) Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff dürfen im Freien und auf Fahrzeugen nicht aufbewahrt werden.

2.1.2 Lagergruppe 1.1

Die Stoffe und Gegenstände dieser Gruppe können in der Masse explodieren. Die Umgebung ist durch Druckwirkung (Stoßwellen), durch Flammen und durch Spreng- und Wurfstücke gefährdet. ...

2.1.3 Lagergruppe 1.2

Die Stoffe und Gegenstände dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Gegenstände explodieren bei einem Brand zunächst einzeln. Im Verlauf des Brandes nimmt die Zahl der gleichzeitig explodierenden Gegenständen zu. ...

2.1.4 Lagergruppe 1.3

Die Stoffe und Gegenstände dieser Gruppe besitzen eine Feuergefährlichkeit, sind aber nicht massenexplosionsfähig. Sie bilden eine geringe Gefahr durch Luftdruck oder durch Splitter-, Spreng- oder Wurfstücke oder durch beides. Bei ihrer Verbrennung entsteht eine beträchtliche Strahlungswärme.

2.1.5 Lagergruppe 1.4

Diese Stoffe und Gegenstände stellen im Fall der Entzündung oder Zündung während der Beförderung nur eine geringe Explosionsgefahr dar. Die Auswirkungen bleiben im wesentlichen auf das Versandstück beschränkt und es ist nicht zu erwarten, dass Sprengstücke mit größeren Abmessungen oder größerer Reichweite entstehen. Ein von außen einwirkendes Feuer zieht keine praktisch gleichzeitige Explosion des gesamten Inhalts der Verpackungseinheit nach sich.

Wichtige Anm.:

- Pyrotechnische Gegenstände der Klasse T_2 können der Lagergruppe 1.1 oder 1.2 angehören. Schwarzpulver ist stets Lagergruppe 1.1 (höchste Gefahrenklasse)
- Schwarzpulverzündschnüre gehören der Lagergruppe 1.4 G an
- Treibladungspulver (NC-Pulver) ist Lagergruppe 1.3 C
- Raketenmodellantriebe der Klasse T_1 waren in der Vergangenheit unter der Lagergruppe 1.4 G (wie pyrotechnische Gegenstände der Klasse T_1) eingestuft
- Raketenmodellantriebe der Klasse T_2 bis 75 g Treibstoffmasse werden i.d.R. in der Lagergruppe 1.4 G eingestuft
- Raketenmodellantriebe mit mehr als 75 g Treibstoffmasse sind aufgrund der Regelungen im Gefahrguttransport der Lagergruppe 1.3 C zugeordnet (z. B. BC-360, BC-125, ...)

2.5.2 Bauweise und Einrichtung

....

- (3) Die Oberflächentemperatur von Heizflächen und Heizleitungen im Lagerraum darf 120 °C nicht überschreiten. ...

....

2.7 Zusammenlagerung

1. Stoffe und Gegenstände werden hinsichtlich ihrer Verträglichkeit bei der Zusammenlagerung in Verträglichkeitsgruppen nach Anlage 5 eingeteilt.
2. Stoffe und Gegenstände dürfen nur dann in **einem Raum** zusammen gelagert werden, wenn sie der gleichen Verträglichkeitsgruppe angehören.

Anm.: Dies gilt nicht für die Lagerung kleiner Mengen (s. Anlage 6 Seite 28) wenn getrennte Behältnisse benutzt werden (s. Seite 26 Abs. 3).

3. Stoffe und Gegenstände der Verträglichkeitsgruppen C, D und E sowie Zündmittel der Verträglichkeitsgruppe G dürfen zusammen gelagert werden.

Verträglichkeitsgruppen nach Nummer 2.7 des Anhangs – Anlage 5

Verträglich- keitsgruppe	Bezeichnung
A	Zündstoff
B	Gegenstände mit Zündstoff
C	Treibstoff oder anderer deflagrierender Explosivstoff oder Gegenstand mit solchem Explosivstoff (z.B. Raketenmotoren); ausgenommen Schwarzpulver
D	Detonierender Explosivstoff (Sprengstoff) einschließlich Schwarzpulver
E	Gegenstand mit detonierendem Explosivstoff ohne Zündmittel, mit treibender Ladung
F	Gegenstand mit detonierendem Explosivstoff mit seinem eigenen Zündmittel, mit oder ohne treibende Ladung
G	Pyrotechnische Sätze (Pyrotechnische Stoffe)
S	..., z. B. Pulverzündschnüre – jedoch nicht Stoppinen, elektr. Anzünder

.....

4. Aufbewahrung von Explosivstoffen und Gegenständen mit Explosivstoff sowie von sonstigen explosionsgefährlichen Stoffen außerhalb eines Lagers (kleine Mengen)

4.1 Zulässige Mengen

Außerhalb eines Lagers dürfen Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff sowie sonstige explosionsgefährliche Stoffe nur bis zu der in Anlage 6 genannten Mengen aufbewahrt werden (kleine Mengen - siehe Seite 28).

In einer Wohnung ist die Benutzung mehrerer unbewohnter Räume zur Aufbewahrung nur zulässig, wenn die unbewohnten zur Aufbewahrung benutzten Räume nicht unmittelbar nebeneinander liegen. SprengLR 410 Nr. 3 Abs. 2

4.2 Anforderungen an die Aufbewahrung von Explosivstoffen und Gegenständen mit Explosivstoff

- (1) Stoffe und Gegenstände dürfen nur in geeigneten Räumen aufbewahrt werden. Diese Räume dürfen nicht dem dauernden Aufenthalt von Personen dienen.

Geeignete Räume sind z.B. Gerätekammern, Keller- und Dachräume, in der Wohnung ausnahmsweise auch Bad und Toiletten, wenn in diesen Räumen eine Druckentlastungsfläche (z.B. Fenster) vorhanden ist. In Mehrfamilienhäusern sind Keller und Dachräume nur dann geeignet, wenn der Aufbewahrungsort feuerhemmend von den übrigen Räumen abgetrennt ist.

Räume ohne Druckentlastungsfläche können benutzt werden, wenn keine anderen Aufbewahrungsmöglichkeiten bestehen und die Höchstmenge um die Hälfte gemindert wird.

Zur Aufbewahrung im nicht gewerblichen Bereich können ferner Stahlschränke, die gegen Diebstahl und unbefugte Entnahme gesichert sind, geeignet sein.

- in Kellerlichtschächten, sofern sie nicht auf eine öffentliche Straße führen und auch nicht Teil eines notwendigen Rettungsweges sind,
- in außenliegenden Kellerzugängen und auf Balkonen,
- in oder an einer Außenwand, sofern es nicht Wand eines Raumes, der dem dauernden Aufenthalt von Personen dient, ist.

Ungeeignet für eine Aufbewahrung sind z.B. Gänge, Flure, Kleiderablagen, Heizräume und Heizöllagerräume. Im gewerblichen Bereich sind Bad und Toiletten zur Aufbewahrung nicht geeignet.

Aufbewahrungsräume müssen leicht erreichbar sein und ausreichend beleuchtet werden können.

Unbewohnte Nebengebäude und Lagerräume in gewerblich genutzten Gebäuden sind für die Aufbewahrung geeignet, wenn Wände, Decken und tragende Bauteile mindestens schwer entflammbar, möglichst feuerhemmend sind. Geeignet sind auch Garagen, sofern sie nicht als solche genutzt werden und eine Genehmigung der Bauaufsichtsbehörde für die andere Nutzung vorliegt. Dies gilt auch für die Aufbewahrung von Schwarzpulver... bis zu einer Menge von 3 kg... SprengLR 410 Nr. 4.1 Abs. 2 – 5, 7 und 10.

- (2) Es sind die jeweils erforderlichen Maßnahmen zu treffen, um **Diebstahl** und **unbefugte Entnahme** von Stoffen und Gegenständen zu verhindern.

Bei der Aufbewahrung in Behältnissen, die sich innerhalb eines Raumes befinden, der nicht nach Absatz 5 gesichert ist, müssen diese verschlossen gehalten werden und gegen Wegnahme gesichert sein.

Behältnisse können aus Stahl (handelsübliche Kassetten, Wandschränke oder Panzerschränke) sowie aus Holz oder anderem Material gleich Festigkeit bestehen.

An Holzbehälter werden folgende Anforderungen gestellt: Sie sollen aus ca. 20 mm starken Brettern oder Spanplatten bestehen, deren Eckverbindung z.B. genietet oder gedübelt und nicht verleimt sind. Beschläge und Befestigungen sind so anzubringen, dass sie von außen nicht abgeschraubt werden können.

Fest mit der Wand verbundene Behältnisse außerhalb einer Wohnung, die von außen zugänglich sind, müssen aus Stahl oder gleichwertigem Material gefertigt sein und eine bündig schließende Tür mit innenliegenden Bändern besitzen. Die Tür muss mindestens mit einem außen bündig abschließenden Sicherheitsschloss versehen sein.

Wenn die Behältnisse nicht den Anforderungen der Absätze 2 und 3 entsprechen, muss die Tür des Aufbewahrungsraumes mit einem außen bündig abschließenden Sicherheitsschloss, welches schon nach einer Schließung greift, versehen sein.

Fenster im Aufbewahrungsraum müssen ausreichend gesichert sein, (z. B. Fenstergitter,

abschließbare Olive; die Verglasung kann aus Isolierglas oder Drahtglas bestehen). Bei der Aufbewahrung in einem Kellerschacht muss die Abdeckung gegen Abheben gesichert sein. SprengLR 410 Nr. 4.2 Abs. 2 – 5

- (3) Nummer 2.7 findet entsprechende Anwendung (betrifft Zusammenlagerung von verschiedenen explosionsgefährlichen Stoffen = Verträglichkeitsgruppen).

Eine Zusammenlagerung liegt nicht vor, wenn sich die Stoffe und Gegenstände verschiedener Verträglichkeitsgruppen in getrennten Behältnissen nach Nummer 4.2 Abs. 3 befinden. Nummer 4.10 ist zu beachten. SprengLR 410 Nr. 4.3 Abs. 2

- (4) Werden Stoffe und Gegenstände verschiedener Lagergruppen (vgl. 2.1 ff) in einem Aufbewahrungsraum zusammen gelagert, **so gilt als zulässige Gesamtmenge** für diesen Raum die nach Anlage 6 jeweils zulässige Menge der Lagergruppe mit dem höchsten Gefahrengrad.

....

(s. Seiten 21ff und 28)

- (5) Stoffe und Gegenstände, die zum Sprengen bestimmt sind, dürfen höchstens eine Woche aufbewahrt werden.

Absatz 1 gilt nicht für Stoffe und Gegenstände, soweit sie ... zu technischen Zwecken verwendet werden. SprengLR 410 Nr. 4.5 Abs. 2

- (6) Im Gefahrenfall ist den Personen, die zur Gefahrenabwehr eingreifen, der Aufbewahrungsort bekannt zu geben.

Bei längerer Abwesenheit (z.B. Urlaub) ist die Bekanntgabe durch eine andere Person sicher zu stellen. SprengLR 410 Nr. 4.6 Abs. 2

- (7) **Stoffe und Gegenstände müssen so aufbewahrt werden, dass deren Temperatur 75 °C nicht überschreiten kann.**

Die Stoffe und Gegenstände müssen so aufbewahrt werden, dass eine starke Sonneneinstrahlung sowie das Auftreten von Wärmestau vermieden wird (z.B. Sonnenschutzdach, heller Anstrich des Behältnisses). Ein ausreichender Abstand von Heizkörpern und sonstigen Wärmequellen muss eingehalten werden. SprengLR 410 Nr. 4.7 Abs. 2

- (8) Im Aufbewahrungsraum darf nicht geraucht sowie offenes Licht oder offenes Feuer nicht

verwendet werden. In unmittelbarer Nähe der Stoffe und Gegenstände dürfen leicht entzündliche oder brennbare Materialien nicht gelagert werden. Geeignete Einrichtungen zur Brandbekämpfung müssen vorhanden und jederzeit erreichbar sein.

Geeignete Einrichtungen zur Brandbekämpfung sind z.B. Wandhydranten, Feuerlöscher mit ABC-Löschpulver mindestens der Löschgröße III (z.B. 6 kg Löschpulver), Kübelspritzen und Wasseranschlüsse mit Schlauch und Strahlrohr. SprengLR 410 Nr. 4.8 Abs. 2

- (9) Stoffe und Gegenstände dürfen nur in Versandpackungen oder in der kleinsten Ursprungsverpackung des Herstellers (kleinste Verpackungseinheit) aufbewahrt werden, bei angebrochenen Verpackungen sind Maßnahmen zu treffen, dass der Inhalt nicht beeinträchtigt wird und Stoffe nicht nach außen gelangen können.
- (10) Stoffe und Gegenstände dürfen in einem Behältnis nur **getrennt von Gegenständen mit Zündstoff** aufbewahrt werden. Die Abtrennung muss so beschaffen sein, dass die Übertragung einer Detonation auf die anderen Stoffe und Gegenstände verhindert wird.
- (11) Behältnisse sind vor gefährlichen Einwirkungen von außen zu schützen. Sie müssen so aufbewahrt werden, dass im Explosionsfall die Wirkung gefährlicher Spreng- und Wurfstücke auf die unmittelbare Umgebung beschränkt bleibt.

Behältnisse müssen sich an solchen Stellen befinden, wo im Fall der Zündung des Behältnisinhaltes eine Gefährdung von Menschen nicht zu erwarten ist und wichtige Teile und Anlagen des Gebäudes (z.B. tragende Teile, Versorgungsleitungen) nicht zerstört werden können. SprengLR 410 Nr. 4.11 Abs. 2

- (12) Behältnisse müssen außen mit dem Gefahrensymbol nach § 14 Abs. 1 Nr. 5 der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz gekennzeichnet sein. Das Gefahrensymbol muss dauerhaft und sichtbar sein.

Anm.: Bei von außen sichtbaren Stahlschränken genügt eine Kennzeichnung an der Innenseite der Tür.

Anlage 6 zum Anhang (Auszug)

Aufbewahrung „Kleiner Mengen“ nach Nr. 4.1 des Anhangs

Zulässige Höchstmengen (nur nichtgewerblicher Bereich)

Stoff oder Gegenstand	<i>bewohnter Raum</i>	<i>unbewohnter Raum</i>	<i>unbewohntes Nebengebäude</i>
Schwarzpulver	nicht zulässig	1 kg (netto)	3 kg (netto)
Treibladungs (NC)- Pulver und Treibladungen	nicht zulässig	3 kg (netto)	5 kg (netto)
pyrotechnische Gegenstände Klasse T ₁	nicht zulässig	5 kg (brutto)	10 kg (brutto)
pyrotechnische Gegenstände Klasse T ₂	nicht zulässig	5 kg (brutto)	10 kg (brutto)
Raketenmotoren	nicht zulässig	3 kg (brutto)	5 kg (brutto)
nicht sprengkräftige Zündmittel	nicht zulässig	3 kg (brutto)	3 kg (brutto)

Anm.: Zum Wohnbereich zählt auch der Balkon. **Erfolgt die Lagerung in Räumen ohne Fenster im Wohnhaus, darf jeweils nur die Hälfte der angegebenen Mengen aufbewahrt werden.** Bei Zusammenlagerung z.B. von Schwarzpulver und Gegenständen der Klasse T₂ in einem Raum (getrennte Behältnisse erforderlich), darf insgesamt nur die Menge aufbewahrt werden, die für Schwarzpulver zulässig ist.

2 Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE)

in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. 09. 2003 (BGBl I S. 1913)

§ 1 Geltungsbereich

1. Diese Verordnung regelt die innerstaatliche und grenzüberschreitende einschliesslich innergemeinschaftliche (von und nach Mitgliedsstaaten der Europäischen Union) Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße mit Fahrzeugen in Deutschland ...

Anm.: Raketenmodellantriebe gehören zu gefährlichen Gütern !

...

3. (Kurzfassung) Die innerstaatliche Beförderung gefährlicher Güter unterliegt den Vorschriften, die in den Anlagen A und B des ADR abgedruckt sind.

§ 2 Begriffsbestimmungen

(1) Im Sinne dieser Verordnung

...

2. ist Beförderer, das Unternehmen, das die Beförderung mit oder ohne Beförderungsvertrag durchführt;

...

4. ist Verloader, das Unternehmen, das die gefährlichen Güter in ein Fahrzeug, einen Wagen oder ... verlädt. Verloader ist auch das Unternehmen, das als unmittelbarer Besitzer das gefährliche Gut dem Beförderer übergibt oder selbst befördert;

§ 3 Zulassung zur Beförderung

(1) Gefährliche Güter dürfen nur befördert werden, wenn deren Beförderung... nicht ausgeschlossen und... zulässig ist.

Anm.: Nach § 5 SprengG, von der Bundesanstalt für Materialforschung und- prüfung (BAM) zugelassene Raketenmodellantriebe, Anzündschnüre, elektrische Anzünder, ebenso Schwarzpulver sind zur Beförderung zugelassen.

§ 4 Sicherheitspflichten

(1) Die an der Beförderung gefährlicher Güter Beteiligten haben die nach Art und Ausmass der vorhersehbaren Gefahr erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Schadensfälle zu verhindern und bei Eintritt des Schadens dessen Umfang so gering wie möglich zu halten.

...

§ 9 Verantwortlichkeiten

...

(11) Der Fahrzeugführer hat im Strassenverkehr

1. kein Versandstück zu befördern, dessen Verpackung beschädigt, insbesondere undicht ist, so dass gefährliches Gut austritt oder austreten kann.

UN-Nummer	Stoff oder Gegenstand	Klassifizierungscode		Höchstmenge [kg]	Faktor	Ausnahme
		Unterklasse	Verträglichkeitsgruppe			
0027	Schwarzpulver	1.1	D	20	50	Ausnahme 3S: bis 1 kg Nettoexplosivmasse
0161	NC	1.3	C	20	50	Ausnahme 3S: bis 1 kg Nettoexplosivmasse
0186	Raketenmotoren	1.3	C	20	50	
0272	Treibsätze	1.3	C	20	50	
0101	Stoppine	1.3	G	20	50	
0491	Treibsätze	1.4	C	333	3	
0431	Pyrotechnische Gegenstände für techn. Zwecke	1.4	G	333	3	Ausnahme 3S: bis 5 kg Bruttomasse
0105	Anzündschnur	1.4	S	unbegrenzt		
0131	Elektr. Anzünder für techn. Zwecke	1.4	S	unbegrenzt		

Anm.: Die Zuordnung zu einer UN-Nr. und die Festlegung der Gefahrenklasse erfolgt durch die BAM im Rahmen der Zulassung des Stoffes oder des Gegenstandes

2.1 Anlage A des ADR

Die Anlage A umfasst die Auflistung der gefährlichen Stoffe, die Einteilung in einzelne Klassen sowie die Festlegung der Verpackungsvorschriften.

Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff sind der Klasse 1 zugeordnet.

Nr. 1.1.3.6.2

ermöglicht die Beförderung kleinerer Mengen (z.B. PKW) unter bestimmten vereinfachten Bedingungen, bei Einhaltung der Verpackungsvorschriften. Dabei gelten folgende Obergrenzen:

Schwarzpulver	20 kg
Treibladungspulver (NC)	20 kg
pyrotechnische Gegenstände für technische Zwecke (Raketenmodellantriebe) Brutto!	333 kg
Raketenmotoren	20 kg
Anzündschnur:	
- offen (Stoppinen)	20 kg
- geschlossen (Sicherheitszündschnur)	unbegrenzt
Zünder	unbegrenzt

Werden diese Mengen nicht überschritten, ist kein Beförderungspapier erforderlich. Es muss jedoch mindestens ein 2 kg Feuerlöscher mitgeführt werden.

Bei der Berechnung der Gesamtmenge werden leere, ungereinigte Verpackungen wie gefüllte behandelt. Diese müssen mit der Bezeichnung des Gutes, dem Klassifizierungscode und der zulässigen Bruttomasse in kg beschriftet sein.

Für das Zusammenladen verschiedener Stoffe gilt eine Höchstbewertungszahl von 1000, welche nicht überschritten werden darf.

Zur Ermittlung der Freigrenzen der verschiedenen Stoffe sind folgende Multiplikationsfaktoren zu verwenden:

Stoff	Faktor
Schwarzpulver	50
pyrotechn. Gegenstände für technische Zwecke	3
Raketenmotoren	50
Stoppinen (offen)	50
Sicherheitsanzündschnur	--
Elektrische Anzünder	--

Beispiel:

2,5 kg Schwarzpulver	$2,5 \times 50 = 125$
5,0 kg Raketenmotoren	$5,0 \times 50 = 250$
0,5 kg Stoppinen	$0,5 \times 50 = 25$
errechnete Bewertungszahl	400

Die Bewertungshöchstgrenze von 1000 wurde eingehalten.

Erläuterung der wichtigsten Verpackungskennzeichnungen:

Allgemein gilt:

Originalverpackungen der Hersteller oder Lieferanten werden als zulässige und zweckmässigste Transportverpackung angesehen.

Hier die wichtigsten Verpackungsvorschriften für den Raketenmodellbau:

Verpackung mit: Aufschrift und Gefahrzettel (5.2.1.1 und 5.2.2.1.1)

Auf der Verpackung muss:

- die UN-Nummer, beginnend mit: UN
- die offizielle Benennung des Stoffes bzw. Gegenstandes
- der Klassifizierungscode (Unterklasse und Verträglichkeitsgruppe)
- der entsprechende Gefahrzettel

gut erkennbar angebracht sein.

Hier bei sind Stoffe und Gegenstände im Verpackungstück der Unterklasse 1.1 bis 1.3 mit der Kennzeichnung durch Gefahrenzettel nach Bild 1 und Stoffe und Gegenstände der Unterklasse 1.4 nach Bild 2 zu versehen

Bild 1: (Explodierende Bombe, z. B. Unterklasse 1.1)



Bild 2: Unterklasse 1.4



Weiterhin muss auf jeder Verpackung die zulässige Bruttomasse für die Verpackung in kg angegeben sein.

Die Verpackung selbst (Karton oder Kiste) muss für die Klasse 1 zugelassen sein.

Z.B.: **UN-4G/Y 35/94/D/BAM3877-WEBI**

Beispiel einer Verpackungskennzeichnung:



UN 0431

Pyrotechnische Gegenstände für technische Zwecke

Bruttomasse 10 kg

Ausnahme Nr. 26 (S) *

* Erläuterung der Ausnahme in Gefahrgut-Ausnahmereverordnung

2.2 Anlage B des ADR

Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter

Für eine Beförderung bis zur Bewertungszahl 1000 gelten folgende Sicherheitsvorschriften:

Tragbare Beleuchtungsgeräte

8.3.4

Das betreten eines Fahrzeugs mit Beleuchtungsgeräten mit offener Flamme ist untersagt. Ausserdem dürfen diese Beleuchtungseinrichtungen keine metallische Oberfläche haben, durch die Funken erzeugt werden könnten.

Verbot von Feuer und offenem Licht

Nr. 2.3 der Anlage 2 zur GGVSE

Der Umgang mit Feuer und offenem Licht ist bei Ladearbeiten, in der Nähe von Versandstücken und haltenden Fahrzeugen sowie in den Fahrzeugen untersagt.

7.5.11 CV 2

Bei Verwendung von Feuer und offenem Licht ist auf Fahrzeugen, die die Güter befördern, in ihrer Nähe, sowie beim Be- und Entladen verboten.

Rauchverbot

8.3.5 - 7.5.9

Das Rauchen ist bei Ladearbeiten, in der Nähe von Versandstücken und haltenden Fahrzeugen, sowie in den Fahrzeugen untersagt.

Handhabung und Verstaueung

7.5.7 - 7.5.7.1

Die einzelnen Teile einer Ladung mit gefährlichen Gütern müssen auf dem Fahrzeug so verstaute oder durch geeignete Mittel gesichert sein, dass sie ihre Lage zueinander sowie zu den Wänden des Fahrzeugs nur geringfügig verändern können. Die Ladung kann z. B. durch Zurrgurte, Klemmbalken, Transportschutzkissen, rutschhemmende Unterlagen gesichert werden. Eine ausreichende Ladungssicherung im Sinne des ersten Satzes liegt auch vor, wenn die gesamte Ladefläche in jeder Lage mit Versandstücken vollständig ausgefüllt ist.

7.5.7.3

Das Fahr- oder Begleitpersonal darf Versandstücke mit gefährlichen Gütern nicht öffnen.

Zusätzliche Vorschriften für bestimmte Klassen oder Güter

7.5.11 CV 1

Es ist untersagt:

- a. an einer der Öffentlichkeit zugänglichen Stelle innerhalb von Ortschaften Güter ohne besondere Erlaubnis der zuständigen Behörden auf- oder abzuladen;
- b. an einer der Öffentlichkeit zugänglichen Stelle ausserhalb von Ortschaften Güter auf- oder abzuladen, ohne die zuständigen Behörden davon benachrichtigt zu haben, es sei denn, dass diese Maßnahmen aus Sicherheitsgründen dringend erforderlich sind. Sind aus irgend einem Grund Ladearbeiten an einer der Öffentlichkeit zugänglichen Stelle auszuführen, so müssen Stoffe und Gegenstände verschiedener Art entsprechend dem Gefahrzettel getrennt werden.

Betrieb des Motors während des Beladens oder Entladens

8.3.6

Während des Beladens oder Entladens muss der Motor abgestellt sein, wenn er nicht zum Betrieb von Pumpen oder anderen Einrichtungen zum Beladen oder Entladen benötigt wird

Reinigung nach dem Entladen

7.5.8

Wird nach dem Entladen eines Fahrzeugs, in dem sich verpackte gefährliche Güter befanden, festgestellt, dass ein Teil des Inhalts ausgetreten ist, so ist das Fahrzeug so bald wie möglich, auf jeden Fall aber vor erneutem Beladen, zu reinigen.

...

Reinigen vor dem Beladen

7.5.11 CV 2 (1)

Vor dem Beladen mit Stoffen oder Gegenständen der Klasse 1 ist die Ladefläche des Fahrzeugs gründlich zu reinigen.

Wenn die vorgenannte Menge von explosionsgefährlichen Gütern oder wenn (bei Zusammenladung) die Bewertungszahl von 1000 überschritten wird, werden an den Transport insbesondere folgende Anforderungen gestellt:

8.2.1

Der Fahrzeugführer und ggf. der Beifahrer muss den Gefahrgutschein zur Beförderung von Gütern der Klasse 1 besitzen.

8.3.1

Ausser der Fahrzeugbesatzung dürfen keine weiteren Personen mitfahren.

8.1.5

Das Fahrzeug muss 2 Feuerlöscher, 1 Unterlegkeil, 2 selbststehende Warnzeichen, Warnweste und eine Erste-Hilfe-Ausrüstung mit spezieller Ausrichtung auf das transportierte Gefahrgut mitführen.

8.1.2

Begleitpapiere müssen mitgeführt werden (z. B. Nachweise über die Zulassung der transportierten Stoffe)

8.1.2 - 5.4.3

Im Fahrzeug sind spezielle Unfallmerkblätter für das Verhalten bei Unfällen und Zwischenfällen während der Beförderung mitzuführen.

5.3.2

Am Fahrzeug sind vorne und hinten eine orangefarbene Warntafel in den Abmessungen 30 x 40 cm anzubringen.

Anm.: Zuständige Überwachungsbehörde bei der Beförderung von explosionsgefährlichen Stoffen ist insbesondere die Polizei.

3 Gefahrgut-Ausnahmereverordnung (GGAV) 2002

vom 06. 11. 2002 (BGBl I S. 4350)

Anm.: Diese Verordnung enthält allgemein geltende Ausnahmen u. a. von der Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE) (§ 1 Abs. 1 Nr. 3 GGAV 2002).

Sie ermöglicht den vereinfachten Transport von kleinen Mengen explosionsgefährlicher Stoffe (Ausnahme Nr. S 3), eine Befreiung vom Beförderungspapier (Ausnahme Nr. S 18) sowie den Verzicht auf die Mitführung des Feuerlöschers (Ausnahme Nr. S 26).

Ausnahme Nr. 3 (E, S)

Die Beförderung von max. 1 kg. Nettomasse Schwarzpulver oder Treibladungspulver oder max. 5 kg Bruttomasse pyrotechnischer Gegenstände für technische Zwecke (verpackt) **unterliegt nicht der GGVSE**, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

- die Gesamtmenge der Güter auf dem Fahrzeug darf 50 kg nicht überschreiten,
- die Verpackungen -einzeln oder zusammengefasst- müssen wie folgt beschriftet sein:
„Gefährliche Güter, Zeile Nr. 1 der Nr. 2 (Tabelle) der Ausnahme 3 ...kg Nettoexplosivstoffmasse/Bruttomasse“

Bei der Beförderung für eigene Zwecke ist die **Beschriftung nicht erforderlich** (Ziff. 4.3 der Ausnahme Nr. 3).

Ausnahme Nr. 18 (S)

Diese Ausnahme ermöglicht den Transport von explosionsgefährlichen Gütern in Versandstücken ohne Beförderungspapier, wenn die höchstzulässigen Gesamtmengen der Nr. 1.1.3.6 eingehalten werden. Es darf jedoch zusätzlich keine weitere Ausnahme der GGAV 2002 angewendet werden.

Ausnahme Nr. 26 (S)

Diese Ausnahme ermöglicht den Transport von explosionsgefährlichen Gütern in Versandstücken ohne Mitnahme eines 2 kg Feuerlöschers, wenn die höchstzulässigen Gesamtmengen der Nr. 1.1.3.6 eingehalten werden (siehe aber Ausnahme 18 (S)!)

4 Strafbgesetzbuch

§ 222 Fahrlässige Tötung

Wer durch Fahrlässigkeit den Tod eines Menschen verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

§ 230 Fahrlässige Körperverletzung

Wer durch Fahrlässigkeit die Körperverletzung eines anderen verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

§ 309 Fahrlässige Brandstiftung

Wer einen Brand der in den §§ 306 und 308 bezeichneten Art fahrlässig verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe und, wenn durch den Brand der Tod eines Menschen verursacht wird, mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

§ 311 Herbeiführen einer Sprengstoffexplosion

- (1) Wer anders als durch das Freisetzen von Kernenergie, namentlich durch Sprengstoff, eine Explosion herbeiführt und dadurch Leib und Leben eines anderen oder fremde Sachen von bedeutendem Wert gefährdet, wird mit Freiheitsstrafe nicht unter einem Jahr bestraft.
- (2) In besonders schweren Fällen ist die Strafe, Freiheitsstrafe nicht unter fünf Jahren, in minder schweren Fällen Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu fünf Jahren.
- (3) Ein besonders schwerer Fall liegt in der Regel vor, wenn der Täter durch die Tat leichtfertig den Tod eines Menschen verursacht hat.
- (4) Wer in den Fällen des Absatzes 1 die Gefahr fahrlässig verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.
- (5) Wer in den Fällen des Absatzes 1 fahrlässig handelt und die Gefahr fahrlässig verursacht, wird mit Freiheitsstrafe bis zu zwei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

5 Die Luftrechtliche Situation beim Raketenstart

Beim Start von Raketen, ganz gleich ob es sich um Modelle oder um Forschungsraketen handelt, sind in der Bundesrepublik Deutschland folgende luftrechtliche Bestimmungen zu beachten:

5.1 Luftverkehrsgesetz (LuftVG)	Seite 41
5.2 Luftverkehrsordnung (LuftVO)	Seite 42
5.3 Luftverkehrszulassungsordnung (LuftVZO)	Seite 45
5.4 Strafbestimmungen	Seite 46
5.5 Luftraumstruktur in Deutschland	Seite 47
5.6 Richtlinien für die Genehmigung von Raketenstartplätzen	Seite 49

Zuständigkeiten für die Erteilung von luftrechtlichen Erlaubnissen

In Bayern wurde die Zuständigkeit für die Erteilung aller im vorliegenden Text genannten Erlaubnisse den beiden bayerischen Luftämtern übertragen. Das Luftamt Südbayern bei der Regierung von Oberbayern in München ist zuständig für die Regierungsbezirke Oberbayern, Niederbayern und Schwaben. Das Luftamt Nordbayern bei der Regierung von Mittelfranken (Standort Flughafen Nürnberg) betreut die Regierungsbezirke Oberpfalz, Oberfranken, Mittelfranken und Unterfranken. In den anderen Bundesländern gelten ähnliche Regelungen in der Form, dass jeweils ein Regierungspräsidium für mehrere Regierungsbezirke als Luftfahrtverwaltung fungiert. Das jeweils für Luftfahrtfragen zuständige Regierungspräsidium kann man leicht am nächsten Flugplatz in Erfahrung bringen. Gleiches gilt auch für einen Anruf beim örtlich zuständigen Regierungspräsidium.

Vorgeschriebene Zeit und Maßeinheiten im Luftverkehr:

- 1) Uhrzeit:**
 - a) Koordinierte Weltzeit (UTC = Universal Time Coordinated)
 - b) Ortszeit (MEZ bzw. MESZ)

- 2) Maßeinheiten:**
 - a) Höhenangaben in Fuß (ft) über NN (Normal-Null) oder über Grund bzw. Wasser (1 ft = 0,3048 m)
 - b) Entfernungen in sm (Seemeilen); (1 sm = 1 n mile = 1,852 km)
 - c) Sichtweiten in km

Literaturhinweis: Rechtsanwalt Walter Felling
„Modellflug – Aufstiegserlaubnis und Umweltrecht“
ISBN 3 – 7883-0671-8, Bestell-Nr. 671 Neckar-Verlag GmbH

5.1 Luftverkehrsgesetz (LuftVG)

in der Neufassung vom 27.03.1999 (Bundesgesetzblatt I S. 550), zuletzt geändert mit Gesetz vom 21.08.2002 (Bundesgesetzblatt I S. 3355)

(Zusammenfassung)

Die Benutzung des Luftraumes durch Luftfahrzeuge ist frei, soweit sie nicht durch andere luftrechtliche Bestimmungen nationaler und Internationaler Art und durch EU-Gemeinschaftsrecht eingeschränkt wird (§ 1 Abs. 1 LuftVG)

Luftfahrzeuge im Sinne des Luftverkehrsgesetzes sind:

Flugzeuge, Drehflügler, Luftschiffe, Segelflugzeuge, Motorsegler, Frei- und Fesselballone, Drachen, Rettungsfallschirme, **Flugmodelle**, **Luftsportgeräte** und sonstige für die Benutzung des Luftraumes bestimmte Geräte, sofern sie in Höhen von mehr als dreißig Metern über Grund oder Wasser betrieben werden können. Raumfahrzeuge, **Raketen** und **ähnliche Flugkörper** gelten als Luftfahrzeuge, solange sie sich im Luftraum befinden (§ 1 Abs. 2 LuftVG).

Raketenflugmodelle sind unter dem Oberbegriff **Flugmodelle** den Luftfahrzeugen zuzurechnen und fallen somit unter die Bestimmungen des Luftrechts.

Grundsätzlich dürfen deutsche Luftfahrzeuge nur verkehren, wenn sie zum Luftverkehr zugelassen sind (§ 2 Abs. 1 LuftVG). Soweit man die Raketenflugmodelle als Flugmodelle ansieht, entfällt die Zulassungspflicht unter einem Startgewicht von 25 kg. Allerdings ist die Anlage I Absatz IV Ziff. 3 zur Luftverkehrszulassung zu beachten, wonach Flugmodelle mit einem Gewicht von 5 kg und mehr sowie Flugkörper mit Eigenantrieb an sichtbarer Stelle den Namen und die Anschrift des Eigentümers in dauerhafter und feuerfester Schrift führen müssen.

Da Raketenmodellstarts in der Regel außerhalb von Flugplätzen stattfinden, ist hier § 25 LuftVG zu beachten, wonach Luftfahrzeuge außerhalb der für sie bestimmten Flugplätze nur starten und landen dürfen, **wenn der Grundstückseigentümer oder sonst Berechtigte zugestimmt und die Luftfahrtbehörde eine Erlaubnis erteilt hat. Bei Raketenflugmodellen ist die Erlaubnis der Luftfahrtbehörde erst ab einem Treibstoffgewicht von mehr als 20 g erforderlich.** - Diese Erlaubnis der Luftfahrtbehörde wird im Zusammenhang mit der Luftverkehrsordnung näher erläutert. - Soweit ein Startplatz für Raketenflugmodelle regelmäßig benutzt werden soll, wird die Luftfahrtbehörde keine Einzelgenehmigung erteilen, sondern eine Daueraufstiegs Genehmigung. Die dazu vorzulegenden Unterlagen und Angaben unterscheiden sich jedoch nicht wesentlich von denen einer Einzelgenehmigung.

Geprüft wird hier hauptsächlich, ob die Erfordernisse des Naturschutzes und des Lärmschutzes angemessen berücksichtigt sind und ob von diesem Flugplatz eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung (Nähe von Straßen, Ortschaften etc.) ausgehen kann. Auch wird dabei die örtliche Luftsicherheitssituation beachtet (andere Flugplätze, Tieffluggebiet etc.).

Öffentliche Flugveranstaltungen (Schauvorstellungen), an denen Luftfahrzeuge beteiligt sind (Luftfahrtveranstaltungen) bedürfen der Genehmigung nach § 24 Abs. 1 LuftVG.

Wird beim Betrieb eines Luftfahrzeuges durch Unfall jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist der Halter des Luftfahrzeuges verpflichtet, den Schaden zu ersetzen (§ 33 Abs. 1 LuftVG).

Dabei kommt es auf ein Verschulden des Luftfahrzeughalters nicht an. Der Gesetzgeber ging davon aus, dass jemand, der ein Luftfahrzeug hält, eine gewisse Gefährdung für die Öffentlichkeit darstellt, die durch eine besondere Haftung ausgeglichen werden soll (Gefährdungshaftung). Gleiches gilt z.B. auch beim Betrieb von Kraftfahrzeugen.

Die Haftung wird jedoch vom Gesetz in der Höhe begrenzt. So haftet der Ersatzpflichtige für Schäden aus einem Unfall bei Flugmodellen bis 25 kg Höchstgewicht bis zu 1,5 Millionen € (§ 37 Abs. 1 Buchstabe a LuftVG). Im Einzelfall ist die Höchstsumme des Schadenersatzes für jede verletzte Person auf 600.000 € oder bis zu einem Rentenbetrag von jährlich 36.000 € begrenzt (§37 Abs. 2 LuftVG).

Anm.: Die Begrenzung des Schadenersatzes gilt jedoch nicht bei einem Verschulden des Luftfahrzeughalters (§ 823 des Bürgerlichen Gesetzbuches).

5.2 Luftverkehrsordnung (LuftVO)

in der Neufassung vom 27.03.1999 (Bundesgesetzblatt I S. 580), zuletzt geändert durch die Verordnung vom 14.12.2001 (Bundesgesetzblatt I 2002 S. 396)

(Zusammenfassung)

Die Grundregeln für das Verhalten im Luftverkehr sind ähnlich wie die Grundregeln für das Verhalten im Straßenverkehr formuliert.

§ 1 LuftVO

- Abs. 1 Jeder Teilnehmer am Luftverkehr hat sich so zu verhalten, dass Sicherheit und Ordnung im Luftverkehr gewährleistet sind und kein anderer gefährdet, geschädigt oder mehr als nach Umständen unvermeidbar behindert oder belästigt wird.
- Abs. 2 Der Lärm, der bei dem Betrieb eines Luftfahrzeuges verursacht wird, darf nicht stärker sein, als es die ordnungsgemäße Führung oder Bedienung unvermeidbar erfordert.
- Abs. 3 Wer infolge des Genusses alkoholischer Getränke oder anderer berauschender Mittel oder infolge geistiger oder körperlicher Mängel in der Wahrnehmung der Aufgaben als Luftfahrzeugführer oder sonst als Mitglied der Besatzung behindert ist, darf kein Luftfahrzeug führen und nicht als Besatzungsmitglied tätig sein.

§ 2 LuftVO

- Abs. 1 Die Vorschriften über die Rechte und Pflichten des Luftfahrzeugführers gelten für den verantwortlichen Luftfahrzeugführer unabhängig davon, ob er das Luftfahrzeug selbst bedient oder nicht.
- Abs. 2 Luftfahrzeuge sind während des Fluges und am Boden von dem verantwortliche Luftfahrzeugführer zu führen.

- Diese besondere Verantwortung wird auch durch § 3 LuftVO hervorgehoben –

§ 3 LuftVO

- Abs. 1 Der Luftfahrzeugführer hat das Entscheidungsrecht über die Führung des Luftfahrzeugs. Er hat die während des Fluges, bei Start und Landung und beim Rollen aus Gründen der Sicherheit notwendigen Maßnahmen zu treffen.
- Abs. 2 Der Luftfahrzeugführer hat dafür zu sorgen, dass die Vorschriften dieser Verordnung und sonstiger Verordnungen über den Betrieb von Luftfahrzeugen sowie die in der Ausübung der Luftaufsicht zur Durchführung des Fluges ergangenen Verfügungen eingehalten werden.

Eine besondere Pflicht für den Halter eines Luftfahrzeuges besteht auch darin, schwere Störungen beim Luftfahrzeugbetrieb (d.h. bei größerem Sachschaden oder bei Verletzung oder Tötung einer Person) unverzüglich die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (§ 5 Abs. 2 LuftVO). Dies kann auch über die nächste Polizeidienststelle erfolgen.

Für Starts von Raketenflugmodellen oder Flugmodellen mit Raketenantrieb (z.B. Raketengleiter) ist eine spezielle Erlaubnis erforderlich. Nach § 16 Abs. 6 LuftVO bedarf der Aufstieg von Flugmodellen mit Raketenantrieb und von fern oder ungesteuerten Flugkörpern mit Eigenantrieb unbeschadet anderer Vorschriften der Erlaubnis der örtlich zuständigen Luftfahrtbehörde des Landes.

Diese Erlaubnis kann Personen oder Personenvereinigungen (z.B. Luftsportvereine) für den Einzelfall oder allgemein erteilt werden, wenn diese zuverlässig und fachlich geeignet sind.

Von dieser Erlaubnispflicht gibt es in § 16 Abs. LuftVO drei **Ausnahmen:**

- Aufstiege von Raketen des Seenot- und Bergrettungsdienstes
- Aufstiege von Feuerwerkskörpern mit max. 20 g brennbarer Masse
- **Aufstiege von Flugmodellen und Flugkörpern mit Raketenantrieb, deren Treibsatz nicht mehr als 20 g beträgt.**

Für die Genehmigung von Raketenstartplätzen bestehen eigene Richtlinien des Bundesministers für Verkehr (siehe Anlage), die beim Erlaubnisverfahren herangezogen werden können. Es handelt sich hier jedoch um Richtlinien, d.h., dass nicht unbedingt alle in den Richtlinien genannten Auflagen in den Genehmigungsbescheid aufgenommen werden müssen. Auch ergibt sich aus den Richtlinien, dass diese an Raketen ganz anderer Dimensionen orientiert sind, wie sie beim Raketenmodellbau in der Regel nicht vorkommen.

Nach der Kostenordnung der Luftfahrtverwaltung berechnen die Luftfahrtbehörden für die Genehmigung nach § 16 Abs. 6 eine Gebühr von zwischen 50 und 100 €. Die Höhe der Gebühr richtet sich nach dem Aufwand für die Genehmigung und nach dem materiellen Wert der Genehmigung für den Antragsteller. Als Raketenmodellflieger sollte man daher im Antrag auf Genehmigung erwähnen, dass die Raketenstarts keinem wirtschaftlichen Zweck dienen.

Beim Aufstieg von Raketenmodellen oder Flugmodellen mit Raketenantrieb sind noch einige anderen Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes und Luftverkehrsordnung zu beachten.

Wenn beim Aufstieg der kontrollierte Luftraum (unterste Grenze bei 1000 ft = 330 m über Grund) in Anspruch genommen wird, ist neben der Erlaubnis der Luftfahrtbehörde des Landes eine Flugverkehrsfreigabe durch die zuständige Flugverkehrskontrollstelle erforderlich (§ 16 a LuftVO). **Dies ist unabhängig davon notwendig, ob weniger oder mehr als 20 g Treibstoff verwendet werden.**

Bei platzgebundenen Aufstiegserlaubnissen durch die Luftfahrtbehörden holt diese Freigabe bereits die Luftfahrtbehörde selbst mit ein. Es kann jedoch auch sein, dass bei einem längeren Flugbetrieb (z.B. bei Veranstaltungen) der Beginn und das Ende des Flugbetriebs der Flugverkehrskontrollstelle telefonisch zu melden sind.

Die Einholung einer Flugverkehrsfreigabe kann ganz formlos, z.B. per Telefon oder per Fax erfolgen, muss aber mindestens 10 Tage vor dem Flugbetrieb angemeldet werden. Die Freigabe erfolgt dann ebenso formlos per Telefon oder per Fax. Allerdings muss die Anmeldung die genauen geografischen Angaben über den Startplatz, Anzahl und Art der zu startenden Flugkörper (Gewicht), beabsichtigte Flughöhe sowie Zeitraum der Starts enthalten.

Nachtflüge von Flugmodellen mit Raketenantrieb und von Raketen sind möglich, soweit sie außerhalb des kontrollierten Luftraumes bei Sichtweiten von mindestens 1,5 km erfolgen können. Wolken dürfen dabei nicht berührt oder durchflogen werden.

Das Verbot der Wolkenberührung gilt im übrigen auch jederzeit am Tage (§ 33 in Verbindung mit § 28 Abs. 1 LuftVO sowie Anlage 5 zu LuftVO).

5.3 Luftverkehrszulassungsordnung (LuftVZO)

in der Neufassung vom 27.03.1999 (Bundesgesetzblatt I S. 610)

(Auszug)

§ 1 Muster-Zulassungspflicht: Flugmodelle mit mehr als 25 kg Höchstgewicht

§ 2 Verkehrs-Zulassungspflicht: Flugmodelle mit mehr als 25 kg Höchstgewicht

§ 3 Erlaubnis für sonstiges Luftfahrtpersonal:

Abs. 1 Einer Erlaubnis als sonstiges Luftfahrtpersonal bedürfen

....

3. Steuerer von verkehrszulassungspflichtigen Flugmodellen ...

5.3.1 Anlage 1 zur LuftVZO:

Vorschriften über die Kennzeichnung von Luftfahrzeugen

....

IV. Gemeinsame Vorschriften

.....

3. Unbemannte Ballone, Drachen, Flugmodelle mit einem Gewicht von 5 kg und mehr sowie Flugkörper mit Eigenantrieb müssen an sichtbarer Stelle den Namen und die Anschrift des Eigentümers in dauerhafter und feuerfester Beschriftung führen.

5.4 Luftrechtliche Strafbestimmungen

Um den vorgenannten Bestimmungen Nachdruck zu verleihen und Zuwiderhandlungen verfolgen zu können, hat sie der Gesetzgeber mit Straf- und Bußgeldandrohungen ausgestattet. Hier sollen aber nur wichtigsten genannt werden, die für den Raketenflug von Bedeutung sind:

- 1) Wer von einem Grundstück ein Luftfahrzeug (darunter fallen ja auch Flugmodelle und Modellraketen) ohne die Erlaubnis des Grundstückseigentümers startet, kann mit Freiheitsstrafe bis zu zwei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft werden (§ 60 Abs. 1 Nr. 4 LuftVG). Wer die Tat fahrlässig begeht, kann mit Freiheitsstrafe bis zu 6 Monaten oder mit Geldstrafe bis zu 180 Tagessätzen bestraft werden (§ 60 Abs. 2 LuftVG).
- 2) Wer ohne die Erlaubnis der Luftfahrtbehörde eine Rakete mit mehr als 20 g Treibstoffmasse startet, kann mit einer Geldbuße bis zu 50.000 € belegt werden (§ 43 Nr. 20 LuftVO in Verbindung mit § 58 Abs. 1 Nr. 10 LuftVG und § 58 Abs. 2 LuftVG).
- 3) Gleiches gilt, wenn entgegen § 16 a LuftVO eine Flugverkehrskontrollfreigabe nicht eingeholt wird (§ 16 a LuftVO in Verbindung mit § 42 Nr. 21 LuftVO sowie mit § 58 Abs. 1 Nr. 10 LuftVG und § 58 Abs. 2 LuftVG).
- 4) Gleiches gilt auch, wer ohne die Erlaubnis der Luftfahrtbehörde eine Luftfahrtveranstaltung (öffentliche Veranstaltung von Wettbewerben oder Schaufvorstellungen) durchführt (§ 24 LuftVG in Verbindung mit § 58 Abs. 1 Nr. 8 LuftVG und § 58 Abs. 2 LuftVG).
- 5) Das gleiche Bußgeld droht demjenigen, der sich als Teilnehmer am Luftverkehr entgegen § 1 Abs. 1 der Luftverkehrsordnung so verhält, dass ein anderer gefährdet, geschädigt oder mehr als nach Umständen unvermeidlich behindert oder belästigt wird (§ 43 Nr. 1 LuftVO in Verbindung mit § 58 Abs. 1 Nr. 10 LuftVG und § 58 Abs. 2 LuftVG).

5.5 Luftraumstruktur in Deutschland (Erläuterungen)

Der Luftraum in Deutschland ist gegliedert in

A. Unkontrollierter Luftraum

B. Kontrollierter Luftraum

Für Raketenmodellflieger ist hauptsächlich der **Unkontrollierte Luftraum** von Bedeutung, dies sind die **Lufträume G** und **F**. Der Luftraum F ist die Umgebung unkontrollierter Flugplätze mit IFR – Flugbetrieb (Instrumentenflugbetrieb) – dieser Luftraum ist nur aktiv, solange IFR-An-/Abflüge stattfinden. (Der Luftraum F ist in der beigefügten graphischen Darstellung der Luftraumordnung nicht aufgeführt).

Der Luftraum G ist der Luftraum ab Grund (GND) bis in folgende Obergrenzen:

- generell 2500 ft (= 762 m) über Grund (2500 GND)
- teilweise 1700 ft (= 518 m) über Grund (1700 GND)
- in der Umgebung von Flugplätzen im IFR-Betrieb 1000 ft (= 305 m) (1000 GND) (aufgrund der Ausweitung der Kontrollzonen leider in einem erheblichen Teil des Bundesgebietes)

Daher ist die 1000 ft – Grenze als unterste Grenze des unkontrollierten Luftraumes anzusehen. Bei Zweifeln über die örtliche Obergrenze des unkontrollierten Luftraumes ist diese Zahl anzunehmen.

Innerhalb von Boden-Kontrollzonen (Luftraum D) beginnt der kontrollierte Luftraum bereits ab Grund. Somit steht in den Kontrollzonen kein unkontrollierter Luftraum zu Verfügung. Mit Genehmigung der zuständigen Flugverkehrskontrollstelle sind jedoch Modellflüge und Raketenmodellaufstiege auch in der Kontrollzone (Luftraum D) möglich (§ 16 a LuftVO).

Oberhalb der Lufträume G, D und F beginnt der **kontrollierte Luftraum** mit den Klassifizierungen C (in der Umgebung mehrerer Verkehrsflughäfen und in oder oberhalb der Flugfläche 100 (FL 100) sowie E (von 1000 ft bzw. 1700 ft bzw. 2500 ft bis FL 100), soweit nicht anders klassifiziert). Beim Einflug von Flugmodellen bzw. Raketenmodellen in die Lufträume E und C ist die Luftraumfreigabe der zuständigen Flugverkehrskontrolle einzuholen. (§ 16 a LuftVO).

Die Lufträume mit der Kennziffer ED sind Luftsperrgebiete, die zeitweilig oder auf Dauer eingerichtet sind.

The diagram illustrates the vertical structure of German airspace. It is divided into several layers and zones:

- Top Layer (Blue):** Labeled 'C' and 'D'. It contains two airplane icons. A box on the left is labeled 'ED-D' and 'FL 100'. A box on the right is labeled 'ED-R (TRA)'.
- Middle Layer (White):** Labeled 'E'. It contains a hot air balloon icon.
- Bottom Layer (Light Blue):** Labeled 'G'. It contains a helicopter icon.
- Ground (Black):** Labeled 'GND'.
- Altitude Markers:** 2500 GND, 1700 GND, 1000 GND, and 2500 GND are indicated on the left and right sides.
- Central Zone (Blue Box):** Labeled 'C' and 'D'. It contains an airplane icon.
- Right Side Zones:** A box labeled 'ED-R' is shown. Below it, a red box is labeled 'TMZ' and 'D CTR'. To the right of that, a pink box is labeled 'F (HX)'.

Deutschland - Germany

48

5.6 Richtlinien für die Genehmigungen von Raketenstartplätzen

(veröffentlicht in den Nachrichten für Luftfahrer I-111/1968)

Raketenstartplätze werden in drei Klassen eingeteilt:

Klasse 1: Raketenstartplätze für ungeprüfte Raketen

- Feststofftreibsätze bis 10 kg
- Elektrische Motorzündungen
- Flugkörper dürfen keine Tragflächen zur Auftriebserzeugung haben

Klasse 2: Raketenstartplätze für vorgeprüfte Raketen

- Raketen und einzelne Bauteile bzw. Baugruppen müssen in einer wissenschaftlichen Einrichtung entwickelt und getestet werden. Daher kommt diese Klasse im Raketenmodellbau im Allgemeinen nicht vor!

Klasse 3: Raketenstartplätze für ungeprüfte Raketen

- Raketen und einzelne Bauteile bzw. Baugruppen müssen in einer wissenschaftlichen Einrichtung entwickelt und in einer genügend großen Stückzahl getestet werden. Daher kommt diese Klasse im Raketenmodellbau nicht vor!

Antragserfordernisse und Inhalte einer Genehmigungsurkunde, auszugsweise:

Der Antrag auf Erteilung der Genehmigung eines Raketenstartplatzes muss, unabhängig von der Klasse, in der der beantragte Platz einzustufen ist, folgende Einzelheiten beinhalten:

1. den Namen und den Wohnsitz des Antragsstellers oder der vertretungsberechtigten Person
2. Angabe der nautischen Koordinaten und Höhe über NN des Startgeländes mit Beschreibung
3. Angabe der Staatszugehörigkeit, falls abweichend von deutsch
4. Angabe über bestehende örtliche und bauliche Begebenheiten des Geländes sowie allem, was sich innerhalb des Sicherheitsbereiches befindet oder bewegt
5. Beschreibung der Raketen, Flugleistungen und Flugdauern, Treibstoffmengen der Raketen, Zeitpunkt/Datum der Starts
6. ggf. Angabe über die Absperrungseinrichtungen von Zuschauern von Sicherheitsbereich (im T2-Bereich mindestens 15 m)
7. Angabe zur abgeschlossenen Luftfahrt-Haftpflichtversicherung nach den §§ 33ff LuftVG und §§ 102 LuftVZO
8. Erlaubnis des Grundstückseigentümers muss dem Antrag beiliegen

Beim Betrieb von Raketenstartplätzen ist auf folgendes zu achten:

1. Für die jeweiligen Raketen muss vom Halter eine Luftfahrt-Haftpflichtversicherung nach den §§ 33ff LuftVG und §§ 102 LuftVZO abgeschlossen worden sein
2. Es dürfen sich keine Menschen im Sicherheitsbereich aufhalten, die nicht unmittelbar mit dem Start befasst sind
3. Starten dürfen nur die Piloten, die vom Startleiter eine Genehmigung hierzu haben
4. Während der Startvorbereitungen sind die Zündkabel zum Motor kurzzuschließen
5. Freigabe des Luftraumes seitens der Deutschen Flugsicherung (DFS) sofern man beabsichtigt, in den bewachten Luftraum einzudringen
6. Kontrolle des Startgeländes vor jedem Start, dass sich keine berechtigten Personen im Sicherheitsbereich (im T2-Bereich mindestens 15 m) aufhalten
7. Ein Start darf NUR durch den Startleiter erfolgen
8. Bei Zündversagern mindestens 30 min. Wartezeit, bevor man sich den Motoren nähert

6 Sicherheitsvorschriften zum Start von Raketenflugmodellen

Diese Sicherheitsvorschriften orientieren sich am internationalen Sicherheitskodex für Raketenflugmodelle und den Sicherheitsbestimmungen der internationalen Luftsportorganisation FAI. Hierbei werden zwischen Raketenflugmodelle, Flugmodelle mit Raketenantrieb, Raketensportmodelle, Experimentalraketen und Lehr.- bzw. Versuchsraketen unterschieden.

In Deutschland wurde in den letzten Jahren bei der Verwendung von Feststoffantrieben für reine Raketenflugmodelle (keine Experimentalraketen) eine freiwillige Beschränkung auf ein maximales Startgewicht von 5 kg praktiziert.

Beschreibung von Raketenflugmodellen (ausgenommen Experimentalraketen):

- Das Modell darf nur aus leichten Materialien wie Papier, Holz, Plastik und Gummi, unter der Berücksichtigung der Motorleistung, hergestellt werden
- Startgewicht maximal 5 kg
- Nicht mehr als 3 betriebsfähige Stufen mit Antrieben
- Das Raketenflugmodell muß so gebaut werden, daß mehr als nur ein Flug möglich ist und es muß eine Vorrichtung enthalten, so dass es sicher geborgen werden kann. Das Modell muß so geborgen werden, daß keinerlei Gefahren für Personen oder Gegenstände entstehen können. Ballistische Bergungen (freier Fall) sind luftrechtlich verboten. Daher gilt dieser Punkt für ALLE Raketen!
- Bei ballistisch startenden Modellen (im Gegensatz zu Raketengleitern) sollen Stabilisierungsleitwerke zur besseren Einhaltung einer vorausberechenbaren Flugbahn angebracht werden
- Die Stabilität des Modells ist durch geeignete Tests oder Berechnungen vor dem Erstflug sicherzustellen. Der erste Start eines Modells soll unter Ausschluß der Öffentlichkeit geschehen
- Das Modell darf keine gefährlichen Nutzlasten oder lebende Tiere mit sich führen

Antriebe:

- Es ist verboten Raketenantriebe in gefährlicher Nähe zu Gebäuden oder feuerfangenden Sachen anzuzünden. Mindestabstand 50 m
- Bei jeglicher Verwendung von Raketenantrieben müssen die Bestimmungen des SprengG und des LuftG beachtet und eingehalten werden

Zündanlage:

- Antriebe sollen aus sicherer Entfernung elektrisch gezündet werden. Mindestabstand im T1-Bereich: 5 m; Mindestabstand im T2-Bereich: 15 m
- Zündanlagen müssen im T2-Bereich die T2-Konformität erfüllen, siehe Teil VII dieses Skriptums
- Die Zündkreisüberprüfung darf NUR NACH der Kontrolle des Luftraumes erfolgen, während der Überprüfung darf sich kein Dritter in der Nähe des zu startenden Raketenmodells aufhalten
- Bei Zündversagen ist nach zweimaligem Zündversuch der Zünder bzw. das Zündkabel kurzzuschließen. Nach mindestens 2 min Wartezeit darf ausschließlich der Startleiter unter Beachtung der in diesem Falle besonders gebotenen Vorsicht den Zünder aus dem Raketenmotor entfernen

Start und Flug:

- Der Start von Raketenflugmodellen darf nur unter Aufsicht einer Person, die das 18. Lebensjahr vollendet hat, durchgeführt werden. Bei der Verwendung von T2-Antrieben ist dem SprengG Folge zu leisten
- Das Startareal und das Präparationsareal muß von unbeteiligten Zuschauern abgesperrt sein. Startplätze müssen in einem ausreichendem Abstand von Stromleitungen, großen Bäumen, Wald und Gebäuden gelegen sein
- Die Mindestentfernung zu Flugplätzen beträgt 1,5 km
- Startfreigaben haben maximal bis 35 km/h Windgeschwindigkeit (ca. 10 m/s) und einer minimalen Sicht von 1,5 km zu erfolgen
- Es muß ein Startleitgestell verwendet werden, dass eine Horizontalbewegung der Rakete bis zum Erreichen eine genügend großen Fluggeschwindigkeit verhindert. Der Startwinkel darf maximal 20° von der Vertikalen abweichen
- Im Umkreis von 15 m dürfen sich im T2-Bereich keine Personen um die zu startende Rakete befinden. Eine für alle hörbare Startankündigung nebst einem Countdown hat zu erfolgen. In Startrichtung dürfen sich keine Personen aufhalten. Vor jedem Start hat eine Luftraumüberprüfung zu erfolgen, um Gefährdungen anderer Luftfahrzeuge auszuschließen
- Raketenflugmodelle dürfen niemals gegen Erd- und Luftziele gerichtet oder gar als Waffe eingesetzt werden

7 Berechnungen zur Flugstabilität und Flugleistungen

7.1 Ermittlung des Schwerpunktes und des Druckpunktes von Raketenflugmodellen

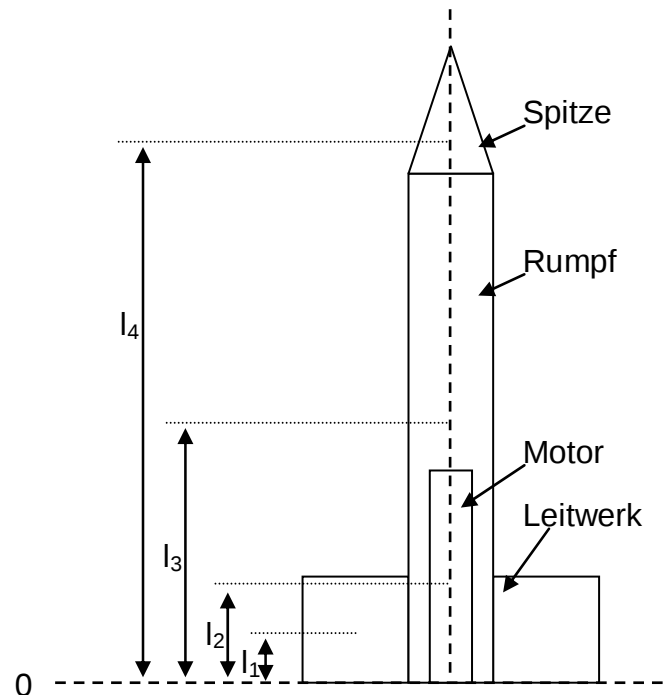
i) Berechnung des Schwerpunktes (SP)

Der SP ist der gemeinsame Schwerpunkt aller Bauteile der Rakete. Er berechnet sich aus der Masse m der einzelnen Bauteile und deren Mittelpunktswerten l zu einer Bezugslinie 0.

Die Berechnungsformel lautet:

$$l_{SP} = \frac{(m_1 \cdot l_1) + (m_2 \cdot l_2) + (m_3 \cdot l_3) + (m_4 \cdot l_4)}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

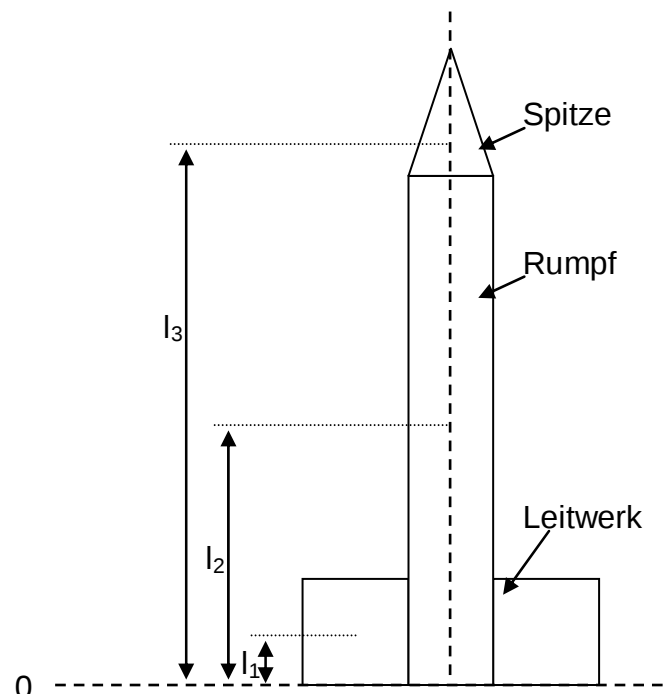
Hierbei ist l_{SP} die Entfernung des Schwerpunktes von der in rechts nebenstehender Skizze gezeigten 0-Bezugslinie.



ii) Berechnung des Druckmittelpunktes (DP)

Der Druckmittelpunkt ist der Punkt, an dem sich alle aerodynamischen Kräfte, die während eines Fluges auf die Raketen einwirken, angreifen. Bei der hier vorgestellten vereinfachten Berechnungsmethode über den Flächenmittelpunkt, ähnelt die Formel sehr stark derjenigen, welche zur Berechnung des SP herangezogen wurde. Hierbei ist bei der seitlichen Betrachtung der Rakete zu beachten, dass 4 reale Leitwerke in der Projektion nur als 2 Leitwerke erscheinen und demnach in der Berechnung auch nur 2 Leitwerke in der Formel zu betrachten sind. Die Formel zur Berechnung des Druckpunktes nach der Flächenmittelpunktmethode lautet:

$$l_{DP} = \frac{(A_1 \cdot l_1) + (A_2 \cdot l_2) + (A_3 \cdot l_3)}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4} = \text{Abstand des DP von der 0-Bezugslinie}$$

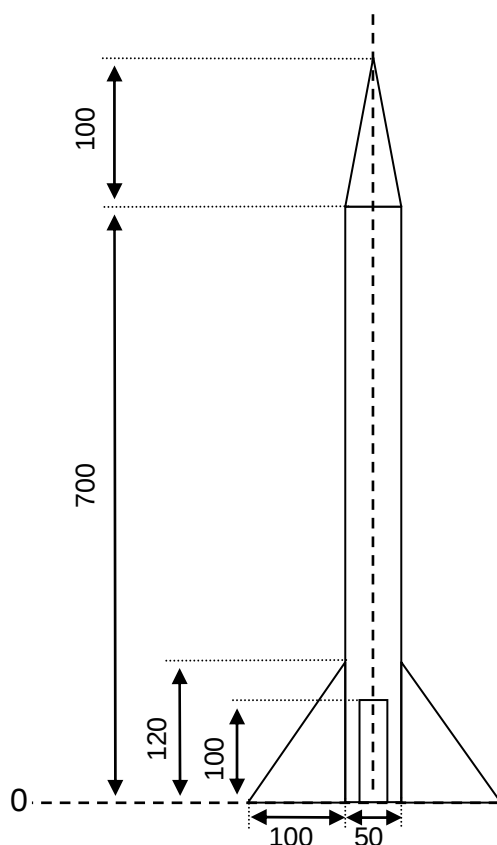


iii) Stabilitätsbetrachtungen einer Rakete

Für eine stabile Fluglage muß der Schwerpunkt (SP) näher an der Spitze des Flugmodells liegen, als der Druckmittelpunkt (DP). Entspricht Abstand zwischen SP und DP dem Rumpfdurchmesser, so spricht man von einer Stabilität des Raketenmodells von einem *Kaliber*. Hat eine Rakete eine Stabilität < 1 Kaliber (SP und DP zu nah), so ist die Rakete unterstabil und fliegt eine Parabel in Windrichtung. Ist der Abstand zwischen SP und DP > 5 Kaliber, so ist die Rakete überstabil und neigt sich während des Fluges mit ihrer Parabel dem Wind entgegen. Der Entfernungsbereich von 1 – 5 Kaliber von SP zu DP ist der Bereich, in der ein Raketenflugmodell im Allgemeinen stabil, dass heißt möglichst unbeeinflusst vom Seitenwind, fliegt. Raketen mit extrem hohen Startbeschleunigungen ($> 15 \text{ g} \in 150 \text{ m/s}^2$) sind im Extremfall auch bei Kalibern < 1 stabil, wohingegen außerordentlich lange und gleichzeitig schlanke Raketen, sogn. Super-Rockets, (z. B. 200 cm lang bei 4 cm Durchmesser) bis Kaliberwerten von 10 – 12 stabil fliegen können.

iv) Beispielberechnung für SP und DP

Alle Maße in [mm]



Gewichte

m_1 – Rumpf (mit Spanten und Fallschirm)	100 g
m_2 – Spitze (incl. Ballast)	95 g
m_3 – Leitflächen (4 Stück á 15 g)	60 g
m_4 – Antrieb (davon 36 g Treibstoff)	65 g
m_{Ges} – Startgewicht	320 g

Abstände der spezifischen Schwerpunkte

Der Schwerpunkt ist annähernd gleich dem Flächenmittelpunkt bei der Seitenansicht des Modells. Man unterteilt daher die Zeichnung in Einzelflächen A_i und ermittelt die jeweiligen Flächenmittelpunkte I_i . Bei dem rechteckigen Rumpf und dem Antrieb liegt dieser daher auf der halben Höhe von der Basislinie 0 und bei Dreiecksflächen (Leitwerke und Spitze) bei ca. einem Drittel der Höhe. Hieraus ergeben sich folgende Abstände zur Bezugslinie:

I_1 – Rumpf	35 cm
I_2 – Spitze (70 + 3 cm)	73 cm
I_3 – Leitwerke	4 cm
I_4 – Antrieb	5 cm

Anm.: Für exaktere Berechnungen ist die Einbeziehung der Massen und Lage von Elektronik, Fallschirm, Akkus, Spanten usw. unzugänglich.

Berechnung des Schwerpunktes:

$$\begin{aligned} I_{SP} &= \frac{(100 \text{ g} \cdot 35 \text{ cm}) + (95 \text{ g} \cdot 73 \text{ cm}) + (60 \text{ g} \cdot 4 \text{ cm}) + (65 \text{ g} \cdot 5 \text{ cm})}{100 \text{ g} + 95 \text{ g} + 60 \text{ g} + 65 \text{ g}} \\ &= \frac{(3500 \text{ g} \cdot \text{cm}) + (6935 \text{ g} \cdot \text{cm}) + (240 \text{ g} \cdot \text{cm}) + (325 \text{ g} \cdot \text{cm})}{320 \text{ g}} \\ &= \frac{11000 \text{ g} \cdot \text{cm}}{320 \text{ g}} = \underline{\underline{34,4 \text{ cm}}} \end{aligned}$$

Der Schwerpunkt SP ist 34,4 cm von der Bezugslinie 0 in Richtung Spitze gelegen.

Anm.: Bei der Schwerpunktberechnung müssen alle 4 Leitwerke betrachtet werden!

Berechnung des Druckmittelpunktes:

Anm.: Wirksame Flächen bedeutet, dass bei der Berechnung des Druckmittelpunktes, aufgrund der seitlichen Betrachtung der Rakete, lediglich 2 von den 4 vorhandenen Leitwerken betrachtet werden dürfen!

A_1 – Rumpf	$= 5 \text{ cm} \cdot 70 \text{ cm}$	$= 350 \text{ cm}^2$
A_2 – Spitze	$= 5 \text{ cm} \cdot \frac{10}{2} \text{ cm}$	$= 25 \text{ cm}^2$
A_3 – 2 Leitwerke	$= 2 \cdot 10 \text{ cm} \cdot \frac{12}{2} \text{ cm}$	$= 120 \text{ cm}^2$
A_{Ges} – Gesamtfläche		$= 495 \text{ cm}^2$

$$\begin{aligned} I_{DP} &= \frac{(350 \text{ cm}^2 \cdot 35 \text{ cm}) + (25 \text{ cm}^2 \cdot 73 \text{ cm}) + (120 \text{ cm}^2 \cdot 4 \text{ cm})}{350 \text{ cm}^2 + 25 \text{ cm}^2 + 120 \text{ cm}^2} \\ &= \frac{12250 \text{ cm}^3 + 1825 \text{ cm}^3 + 480 \text{ cm}^3}{495 \text{ cm}^2} \\ &= \frac{14555 \text{ cm}^3}{495 \text{ cm}^2} = \underline{\underline{29,4 \text{ cm}}} \end{aligned}$$

Der Druckmittelpunkt DP ist 24,4 cm von der Bezugslinie 0 in Richtung Spitze gelegen.

Ergebnis:

Beim berechneten Flugkörper liegt der Schwerpunkt SP um 5 cm näher zur Spitze als der Druckmittelpunkt DP. Der Abstand von 5 cm entspricht einem Rumpfdurchmesser und somit einer Stabilität von einem Kaliber. Die Rakete wird sich daher im Flug aerodynamisch stabil verhalten.

Bemerkung: Die verwendeten Formeln sind stark vereinfacht und auf Sicherheitsaspekte hin abgestimmt. Computergestützte Berechnungen (Barrowman) sind wesentlich genauer.

7.2 Berechnung der Flugleistung einer Rakete

Verwendete Größen [Einheit]:

F_S = Schub [N]

t_B = Flugzeit bis Brennschluß [s] = Brenndauer

F_B = Gewichtskraft der Rakete **nach** Brennschluß [N]

F_{Tr} = Gewichtskraft des Treibstoffes [N]

g = Erdbeschleunigung = $9,81 \frac{m}{s^2}$

a_m = mittlere Raketenbeschleunigung [$\frac{m}{s^2}$]

v_B = Geschwindigkeit bei Brennschluß [$\frac{m}{s}$]

h_B = Flughöhe bei Brennschluß [m]

h_F = Freiflughöhe **ab** Brennschluß [m]

t_F = Flugdauer nach Brennschluß im Freiflug [s]

Formeln:

mittlere Beschleunigung
$$a_m = \frac{F_S \cdot g}{F_B + 0,5 \cdot F_{Tr}}$$

Flughöhe bei Brennschluß
$$h_B = \frac{(a_m - g) \cdot t_B^2}{2}$$

Geschwindigkeit bei Brennschluß
$$v_B = (a_m - g) \cdot t_B$$

Freiflughöhe ab Brennschluß
$$h_F = \frac{v_B^2}{2 \cdot g}$$

Flugdauer nach Brennschluß
$$t_F = \frac{v_B}{g}$$

Gesamtflughöhe
$$h = h_B + h_F$$

Gesamtflugzeit bis Gipfelpunkt
$$t = t_B + t_F$$

Anm.: In der schriftlichen Prüfung wird von den Teilnehmern **nicht** verlangt diese Formeln auswendig zu kennen. Zur Prüfung wird eine Formelsammlung gereicht.

Beispielrechnung zur Flugleistung:

Technische Daten der oben eingeführten Rakete

F_G – Gewichtskraft der Rakete vor dem Start 3,20 N $\approx$ 320 g

T_{Tr} – Gewichtskraft des Treibstoffes 0,36 N $\approx$ 36 g

F_B – Gewichtskraft der Rakete **nach** Brennschluß 2,84 N $\approx$ 284 g

Technische Daten des Antriebes entsprechend einem Held 5000

F_S – Durchschnittsschub	8 N
t_B – Brenndauer	3 s
Gesamtimpuls ($F_S \cdot t_B$)	24 Ns

Berechnungen:

$$a_m = \frac{F_S \cdot g}{F_B + 0,5 \cdot F_{TR}} = \frac{8 \text{ N} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{2,84 \text{ N} + 0,5 \cdot 0,36 \text{ N}}$$

mittlere Beschleunigung

$$= \frac{78,48 \text{ N m/s}^2}{23,02 \text{ N}} = \underline{\underline{25,98 \text{ m/s}^2}}$$

$$h_B = \frac{(a_m - g) \cdot t_B^2}{2} = \frac{(25,98 \text{ m/s}^2 - 9,81 \text{ m/s}^2) \cdot (3 \text{ s})^2}{2}$$

Flughöhe bei Brennschluß

$$= \frac{16,17 \text{ m/s}^2 \cdot 9 \text{ s}^2}{2} = \underline{\underline{72,7 \text{ m}}}$$

$$v_B = (a_m - g) \cdot t_B = (25,98 \text{ m/s}^2 - 9,81 \text{ m/s}^2) \cdot 3 \text{ s}$$

Geschwindigkeit bei Brennschluß

$$= 16,17 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ s} = \underline{\underline{48,5 \text{ m/s}}}$$

Freiflughöhe ab Brennschluß

$$h_F = \frac{v_B^2}{2 \cdot g} = \frac{(48,5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = \frac{2352 \text{ m}^2/\text{s}^2}{19,62 \text{ m/s}^2} = \underline{\underline{119,9 \text{ m}}}$$

Flugdauer nach Brennschluß

$$t_F = \frac{v_B}{g} = \frac{48,5 \text{ m/s}}{9,81 \text{ m/s}^2} = \underline{\underline{4,94 \text{ s}}}$$

Gesamtflughöhe

$$h = h_B + h_F = 72,7 \text{ m} + 119,9 \text{ m} = \underline{\underline{192,6 \text{ m}}}$$

Gesamtflugzeit

$$t = t_B + t_F = 3 \text{ s} + 4,94 \text{ s} = \underline{\underline{7,94 \text{ s}}}$$

Anm.: Die verwendeten Formeln sind stark vereinfacht und beziehen den Luftwiderstand **nicht** mit ein. Daher sind die realen Flugleistungen (reale Flughöhe und Flugdauer) zum Teil wesentlich geringer als die hier berechneten Werte. Aus diesem Grunde haben obige Berechnungen Sicherheitswerte zur Folge, da die mit obigen Formeln berechneten Größen stets geringer sind, als die im realen Flug erbrachten. Dazu kommt, dass bei der Leistungsbetrachtung des Triebwerkes lediglich der Durchschnittsschub über die Brenndauer betrachtet wurde und nicht das reale Schubprofil des Held 5000, der durch einen Schubpeak in der Startphase und durch einen Konstanteschub in der Marschphase gekennzeichnet ist.

Zum Vergleich sind die rechnergestützt ermittelten Flugdaten **derselben** Raketen unter Einbeziehung des Luftwiderstandes aufgeführt:

v_B - Geschwindigkeit bei Brennschluß = 41,8 m/s

h_B - Flughöhe bei Brennschluß = 67,3 m

h_F - Freiflughöhe **ab** Brennschluß = **69,6 m !!!**

t_F - Flugdauer nach Brennschluß im Freiflug = 3,62 s

h - Gesamtflughöhe = **136,9 m !!!**

t_F - Flugdauer nach Brennschluß im Freiflug = 3,62 s

t - Gesamtflugdauer bis Gipfelpunkt = 6,62 s

7.3 Berechnung von Fallschirmen für Raketenflugmodelle

Der im Allgemeinen unerwünschte Luftwiderstand der Flugkörper ist bei den Fallschirmen eher gewünscht, um eine sichere und schadenfreie Bergung zu gewährleisten.

Ein Fallschirm hat ein sehr geringes Eigengewicht, bietet jedoch gleichsam der Luft verhältnismäßig viel Oberfläche, an der Widerstandskräfte angreifen können. Bei der Auslegung eines Fallschirmsystems ist festzustellen, dass mit zunehmender Höhe die Luftdichte und somit der Luftwiderstand eines Fallschirmes abnimmt. Da jedoch letztlich für den aktiven Raketenmodellbauer die Landegeschwindigkeit auf Bodenniveau einzig Relevanz hat, ist dieser Tatsache keine Beachtung zu schenken.

Anm.: Die Berechnung von Fallschirmen hat keine Prüfungsrelevanz. Jedoch ist ein Basiswissen auf diesem Gebiet mitunter sehr hilfreich bei zukünftigen Fallschirmauslegungen.

Ausgangspunkt für die Fallschirmberechnung ist die allg. Luftwiderstandsformel:

$$F_w = \frac{\delta}{2} \cdot v^2 \cdot c_w \cdot A$$

Hierbei gelten folgende Größen:

F_w [N]: Gewichtskraft der Rakete [kg] bei Brennschluß * 9,81 $\frac{m}{s^2}$

$\delta \left[\frac{kg}{m^3} \right]$: Luftdichte, ca. 1,225 $\frac{kg}{m^3}$ auf NN-Bodenniveau, 1013 hPa Luftdruck, 20 °C

$g \left[\frac{m}{s} \right]$: Sinkgeschwindigkeit der Rakete bei geöffnetem Fallschirm

c_w [rad]: Luftwiderstandsbeiwert (**Rundkappe $c_w=1,2$**)

A [m^2]: Querschnittsflächen Fallschirmes Fallschirm

Stellt man diese Formel nach g um, so kann man bei gegebenen Verhältnissen die Sinkgeschwindigkeit der Rakete am geöffneten Fallschirm berechnen:

$$g = \sqrt{\frac{F_w}{\frac{\delta}{2} \cdot c_w \cdot A}}$$

Will man nun den Durchmesser D [m] eines Fallschirmes bestimmen, so stellt man diese Formel einfach nochmals um. Sie lautet dann wie folgt:

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot F_w}{\delta \cdot c_w \cdot \pi \cdot g^2}}$$

Anm.: D [m] = Fallschirmdurchmesser im Sinkzustand (Öffnungsdurchmesser), vereinfachte Formel:

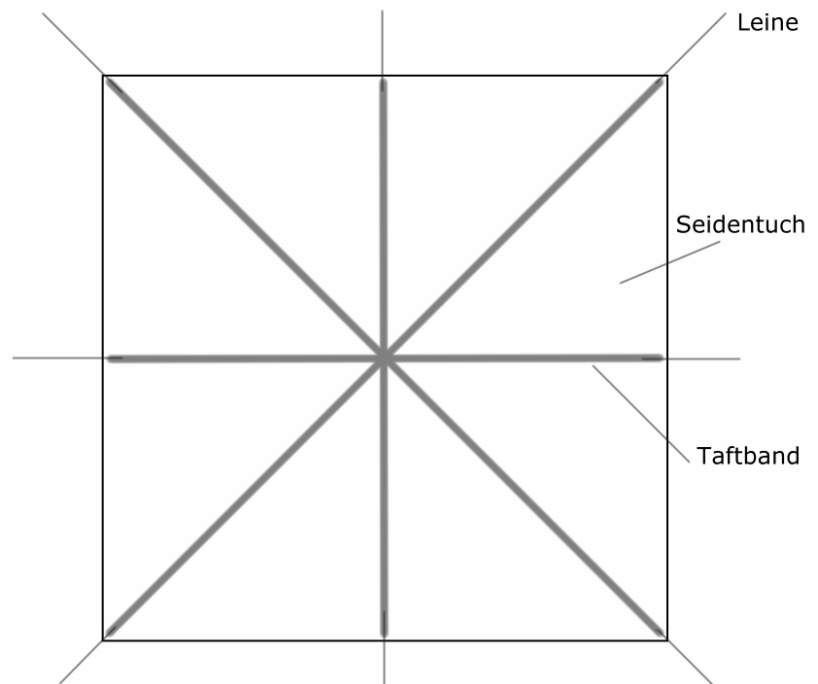
$$D[m] = 1,316 \cdot \sqrt{\frac{F_w}{g^2}}$$

7.4 Der Taschenfallschirm - eine Alternative zum Kappenfallschirm

Wer schon einmal einen "Kappenfallschirm" hergestellt hat, der weiss wie aufwendig dies ist: Schnittmuster für die Fallschirmbahnen, Bahnen ausschneiden und danach sehr viel Näharbeit, die eine hohe Genauigkeit erfordert.

Eine Alternative hierzu ist der **Taschenfallschirm**.

Wesentlich leichter herzustellen, preisgünstiger vom Material, dennoch die selben Eigenschaften: leichtes und sicheres Öffnen. Ein weiterer Vorteil des Taschenfallschirms ist die Verwendung von Seidentüchern, statt teurerer Fallschirmseide. Benötigt wird je nach Fallschirmgröße ein quadratisches Seidentuch, welches es bereits fertig gesäumt im Bastlerbedarf für Seidenmalerei erhältlich ist. Weiterhin wird etwas Taftband benötigt. An einem



Taschenfallschirm der Größe 90x90 cm wird ca. 4,5 m Taftband verarbeitet. Als Fallschirmleinen ist ein Takelgarn, am besten geflochten aus Nylon oder Perlon in der Stärke 1 mm, am besten geeignet. Anhand der Skizze wird ersichtlich, wie das Taftband auf dem Seidentuch mittels breitem Zickzackstich vernäht wird. Die acht Fallschirmleinen werden ca. 5 cm vom Rand entfernt auf das Taftband gelegt und einem schmalen Zickzackstich vernäht.

Entscheidend für die Funktion des Fallschirms ist die selbe Länge aller acht Leinen, sowohl die an den Ecken als auch die Leinen an den Seitenmitten. Dadurch entstehen beim Entfallen des Fallschirms vier Taschen. Aufgrund dieser Bauart reicht bereits eine schwache Luftströmung aus, um den Fallschirm zu öffnen. Eine Öffnung in der Mitte des Fallschirms, wie man es von Kappenfallschirmen kennt, erübrigt sich. Da die Taschen nach aussen gerichtet sind, wird ein "Schwimmen" auf dem Luftpolster vermieden. Mittels Seidenmalifarben kann dem Taschenschirm ein individuelles Muster aufgemalt werden.

Erfahrungsgemäss ist für eine 1 kg schwere Rakete ein 90x90 cm Taschenfallschirm ideal geeignet.

8 **Eigenschaften explosionsgefährlicher Stoffe**

Schwarzpulver und Nitropulver

Einige Hinweise zu den wichtigsten Unterschieden und zur Verwendung

Die Verwendung von startunterstützenden Pistons (Kolben) und der Wunsch nach einem rückstandsfreien Fallschirmauswurf ließen in den letzten Jahren den Wunsch auf Verwendung von Nitropulver entstehen. Dies ist möglich, wenn die wichtigsten Unterschiede zwischen den beiden Pulversorten beachtet werden!

Beim freien Abbrand zeigen sich folgende physikalischen Unterschiede:

Nitropulver:

- brennt nur über die Oberfläche ab
- Verbrennung läuft fast rückstandslos ab
- **Brandgeschwindigkeit ca. 6-10 $\frac{cm}{s}$**
- Zündtemperatur ca. 180 °C, nicht leicht entzündlich

Schwarzpulver:

- Verbrennung durch Zerfall der gesamten Kornstruktur
- ca. 50 % Verbrennungsrückstände, je nach Pulversorte
- **Brandgeschwindigkeit bis 1000 $\frac{m}{s}$**
- Zündtemperatur ca. 220 °C, sehr leicht zu entzünden

Weitere Details für die Anwendung **im geschlossenen System:**

	Nitropulver:	Schwarzpulver:
Explosionstemperatur	3100 °C	2380 °C
Gasentwicklung	765 l pro kg Pulver	280 l pro kg Pulver
Gasdruck	9765 bar	2810 bar
Detonationsgeschwindigkeit	6300 $\frac{m}{s}$	400 $\frac{m}{s}$

Schwarzpulver wird aus Rohstoffen hergestellt, welche in der Natur vorkommen:

Salpeter, Holzkohle und Schwefel. Dennoch ist die Herstellung (14 Arbeitsgänge) erheblich aufwendiger als die Herstellung von Nitropulver.

Für die Herstellung von Nitropulver bzw. Nitrozellulosepulver (NC-Pulver) wird Zellulose in einem chemischen Vorgang nitriert. Durch Anhängen von sauerstoff tragenden Molekülgruppen wird die Zellulose selbstverbrennlich gemacht. Das Nitrozellulosemolekül enthält neben dem Brennstoff auch den zur Verbrennung notwendigen Sauerstoffträger. Damit ist eine nahezu rückstandslose Verbrennung möglich. Eine weitere Eigenschaft von NC Pulver ist die viel höhere Abhängigkeit der Abbrenngeschwindigkeit vom Brennkammerdruck als bei Schwarzpulver.

In Anbetracht der Daten, der beim Abbrand von NC-Pulver entstehenden Gasmengen und Gasdrücke, ist eine wesentlich höhere Genauigkeit beim Dosieren unabdingbar. **Während bei Schwarzpulver eine Dosiergenauigkeit von 0,1 g ausreichend ist, muss bei NC-Pulver mit 0,01 g genau dosiert werden.** Daraus folgt, dass die Anschaffung einer Laborwaage zwingend erforderlich ist. Die, je nach Einsatzzweck und Pulverbeschaffenheit, benötigten Pulvermengen sind vorsichtig experimentell zu ermitteln. Hierbei ist das Verhältnis von Liter Gasentwicklung pro je kg Pulver die Basis.

NC und Schwarzpulver dürfen unter keinen Umständen gemischt werden !

Industriell werden einige hundert verschiedene NC Pulver hergestellt. Hierbei unterscheidet man in **ein-, zwei- und dreibasige NC Pulver**, welche sich beim Abbrand sehr unterschiedlich verhalten.

- einbasig:

Nitrozellulose, am häufigsten eingesetzt (Fallschirmausstoßpulver)

- zweibasig:

Nitrozellulose und Nitroglyzerin, dadurch erheblich energiereicher als einbasige Pulver (unter Verwendung von Moderatoren und Weichmachern als Treibstoff im Raketenmotor BC-360)

- dreibasig:

Nitrozellulose ,Nitroglyzerin und Nitroguanidin, Einsatz jedoch nur bei Geschützen.

Je nach Korn- und Oberflächenbehandlung bzw. Gestaltung, wird NC Pulver wie folgt unterteilt:

Offensives Pulver brennt sehr schnell ab und baut ebenso schnell seinen Druck auf (Verwendung: Kurzwaffen, Schrotflinten)

Progressives Pulver brennt langsamer ab und der Druckaufbau steigt langsam und stetig an.
(Verwendung: Langwaffen)

Beim Einsatz im Raketenmodellbau kommt nur progressives Pulver zur Anwendung, da keine höheren Drücke benötigt werden.

Abschließend einige Hinweise zum Umgang mit Schwarzpulver bzw. NC Pulver:

Da beide Pulver Gefahrgüter darstellen, dürfen diese nicht mit der Post versandt werden. NC Pulver und Schwarzpulver dürfen im eigenen PKW transportiert werden. Dabei muss jedes Pulver in seiner Originalverpackung oder einer Gefahrgutverpackung sein und ein Maximalgewicht von 20 kg NC Pulver nicht überschritten werden. **Höchstzulässige Lagertemperatur von Schwarzpulver und NC Pulver ist 75°C.** Höhere Temperaturen rufen bei NC-Pulver eine Selbstzersetzung hervor. **Die maximale Oberflächentemperatur von Heizkörpern in Pulverlagerräumen (NC und Schwarzpulver) darf 120° C betragen.** Kleine Mengen: **Max. 3 kg NC-Pulver in einem unbewohnten Raum mit Fenster in einem Wohnhaus lagerbar.**

Während Schwarzpulver nicht zur Selbstzersezung neigt, beschleunigt feuchte Luft die Selbstzersetzung von NC-Pulver. Deshalb sollte NC-Pulver in luftdichten Behältern in trockener Umgebung am besten zusammen mit Trocknungsmitteln (bspw. Silica-Gel) gelagert werden. Eine mögliche Selbstzersetzung von NC-Pulver kann an einem stechenden Geruch und braun-roten Dämpfen erkannt werden. Diese Pulver dürfen unter keinen Umständen weiter gelagert oder verwendet werden, da diese zur Selbstentzündung neigen! Ein Mischen von sich zersetzenden und frischen Pulver ist unbedingt zu unterlassen, da hierdurch der selbstzersetzungsprozess des frischen Pulvers beschleunigt wird.

Vernichten von feuchtem, verunreinigtem oder teilweise zersetzten Nitropulver:

Das Pulver in einem schmalen Band auf den Boden schütten und mit dem Wind im Rücken an einer langen Zündschnur entzünden. Kleine Mengen dürfen auf Erdboden weit verstreut werden.

Vernichten von Schwarzpulver:

Kleine! Mengen dürfen in einem schmalen Band auf dem Boden abgebrannt werden. Ansonsten Schwarzpulver auf Erdboden weit streuen.

9 Gebündelte Antriebe – Antriebscluster

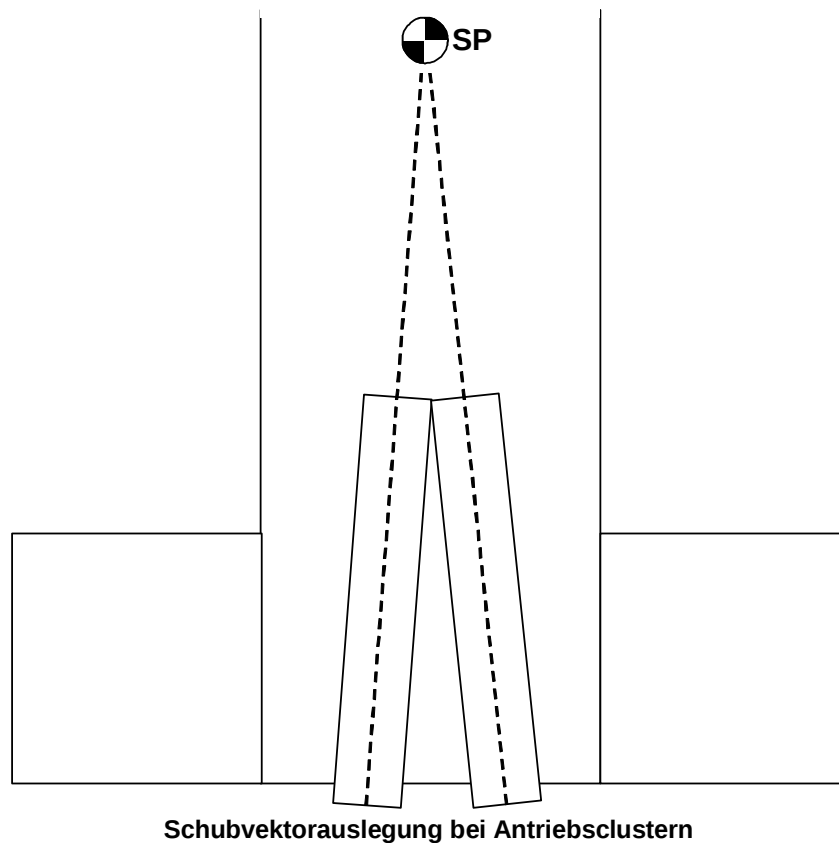
i) Anordnung von gebündelten Triebwerken

Eine besondere Art Raketen zu fliegen ist das Bündeln von Antrieben, im Fachjargon "Clustern" genannt. Dabei hat der Raketenflieger mehrere sehr wichtige Dinge zu beachten. Zum einen die **Fertigungstoleranzen** der einzelnen Raketenantriebe, zum anderen die **synchrone Anzündung** der Antriebe.

Die Fertigungstoleranzen können unter Umständen bis 10 % Abweichungen in der Schubleistung einzelner Antriebe ausmachen. Dabei können diese unterschiedlichen Schubmomente auch zu Abweichungen in der Flugbahn führen. Je mehr Antriebe jedoch gemeinsam im Cluster geflogen werden, desto mehr heben sich die Toleranzen gegenseitig auf. Aus diesem Grund kann man bei 5 und mehr gebündelten Motoren auf besondere Vorkehrungen verzichten und die Antriebe parallel zueinander ins Modell einbringen.

Werden jedoch nur 2 oder 3 Antriebe gebündelt, kann die Bahnabweichung bei Fertigungstoleranzen *erheblich* sein. Um hier dennoch für einen stabilen Flug zu sorgen, werden die Antriebe durch eine Neigung, nach innen zur Längsachse, montiert. Dabei ist zu beachten, dass die Schubvektoren der Antriebe durch den Schwerpunkt der Rakete laufen. Da jedoch mit dem Abbrand des Treibstoffes im Heck der Rakete deren Schwerpunkt sich nach vorne verlagert und zudem die Rakete auf ihren ersten Metern in einer Startvorrichtung geführt wird ist es ebenso möglich, dass die Schubvektoren der einzelnen Triebwerke einen Schnittpunkt innerhalb der Rakete anvisieren, welcher leicht oberhalb der Schwerpunktlage bei der Motorenanzündung liegt, jedoch sich in der Höhe des Schwerpunktes befindet, wenn die Rakete das Startleitvorrichtung verläßt. Demnach greifen die Kräfte der Antriebe genau an dem Punkt an, an dem kein Drehmoment entstehen kann.

Schwerpunktverschiebungen während des Fluges sollten stets beachtet werden. Je größer ein Cluster ist, um so wichtiger wird die Betrachtung der Schwerpunktwanderung. Gerade auch bei der Verwendung von langen und schmalen Hybridtriebwerken ist der Schwerpunktwanderung während eines Fluges Beachtung zu schenken. Auf Grund der Tatsache, dass während des Fluges sich der Schwerpunkt weg vom Druckpunkt in Richtung Spitze verschiebt, kann das Flugmodell überstabil werden und sich somit beim Parabelflug stark dem Wind entgegen neigen.



Eine weitere Möglichkeit der Stabilisierung von Clustern ist eine derartige Anordnung der Antriebe, so daß die Rakete einen Drall um ihre Längsachse aufbaut. Auch ist es möglich die Leitflächen so anzuordnen, dass eine Drehbewegung entsteht. Jedoch wird auf diese Art der Stabilisierung zu Gunsten einer vereinfachten Bauweise und auch aus Stabilitätsgründen meistens verzichtet. Durch die erheblichen Luftwiderstandskräfte rotierende Leitwerke ergibt sich zudem eine extreme Verringerung der erreichten Flughöhe.

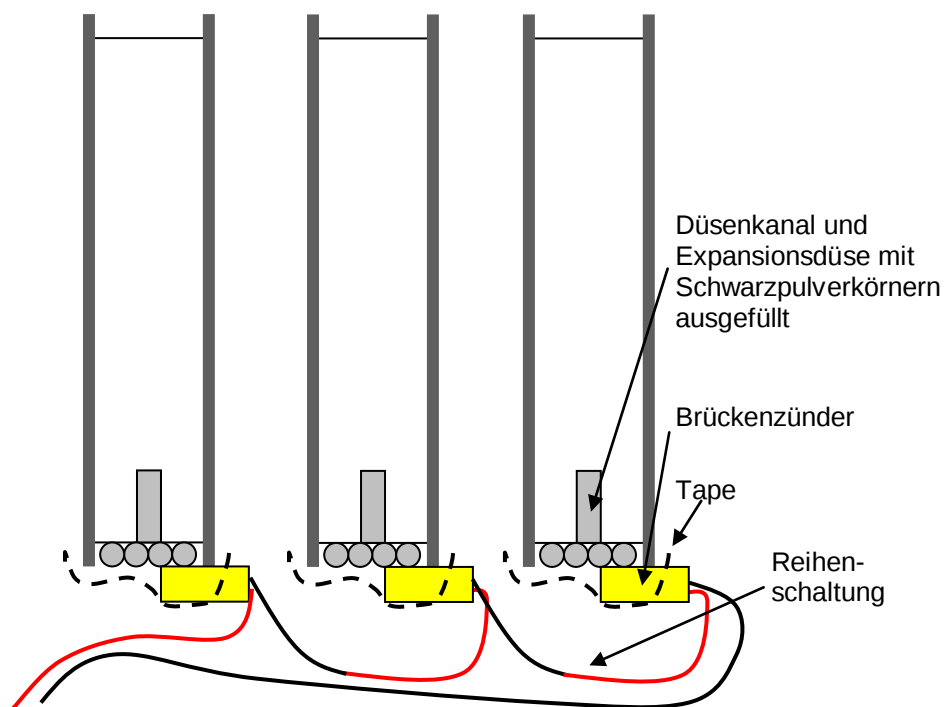
ii) Anzündung von gebündelten Triebwerken

Über eine Erlaubnis nach § 27 SprengG und eine luftrechtliche Erlaubnis nach § 16 Abs. 6 der LuftVO ist die Verwendung von gebündelten Triebwerken möglich.

Die sichere Zündung von Clustern bzw. die zeitgleiche, synchrone Zündung aller Triebwerke, ist die Grundlage für einen sicheren und stabilen Flug des Raketenmodells. Die nun folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Schwarzpulverantriebe! Zündschnüre für die einzelnen Antriebe scheiden wegen der hohen Unterschiede in der Abbrandgeschwindigkeit der einzelnen Zündschnüre aus. Es ist nicht möglich einen Cluster mittels Zündschnüren zuverlässig synchron zu starten!

Hier müssen andere Wege beschritten werden.

Eine Möglichkeit ist die Verwendung von industriell hergestellten Elektrozündern (Satzauslöser, Brückenzünder) aus der Pyrotechnik, welche nach sehr strengen Qualitätsnormen gefertigt werden. Diese Zünder haben sehr enge Toleranzen und sind quasi alle identisch in ihrem Verhalten. Als Beispiel Brückenzünder Typ U: Bei einer Spannung von 2 V und einem Zündstrom von 500 mA zündet ein solcher Initialzündler innerhalb einer Zeitspanne von 1 ms! Bei einer Reihenschaltung von mehreren Brückenzündern würden daher alle Triebwerke innerhalb einer tausendstel Sekunde synchron entzündet werden. Wichtig ist zu wissen, dass es auch unter den Elektrozündern verschiedene Typisierungen im Zündverhalten gibt und man innerhalb eines Clusters immer exakt den gleichen Typ von Elektrozündern einsetzt. Diese Zünder kosten pro Stück um 0,6 € und sind im pyrotechnischen Fachhandel zu beziehen.



Synchrone Zündung gebündelter Schwarzpulvermotoren mit Hilfe in Reihe geschalteter Brückenzünder nebst loser beiliegender Pulveranzündladung

Fällt die Entscheidung den Cluster rein über Elektrozünder zu zünden sind folgende Punkte zu beachten:

- Keine Eigenbauzündler aus Glühdraht verwenden!
- Nur exakt die gleichen Typen an Brückenzündern innerhalb eines Zündkreises einsetzen
- **alle Satzauslöser in Reihe schalten**
- Auf voll geladene Zündakkus achten
- Akkuspannung der Anzahl der Brückenzünder anpassen (min. 2 V pro Zünder!)

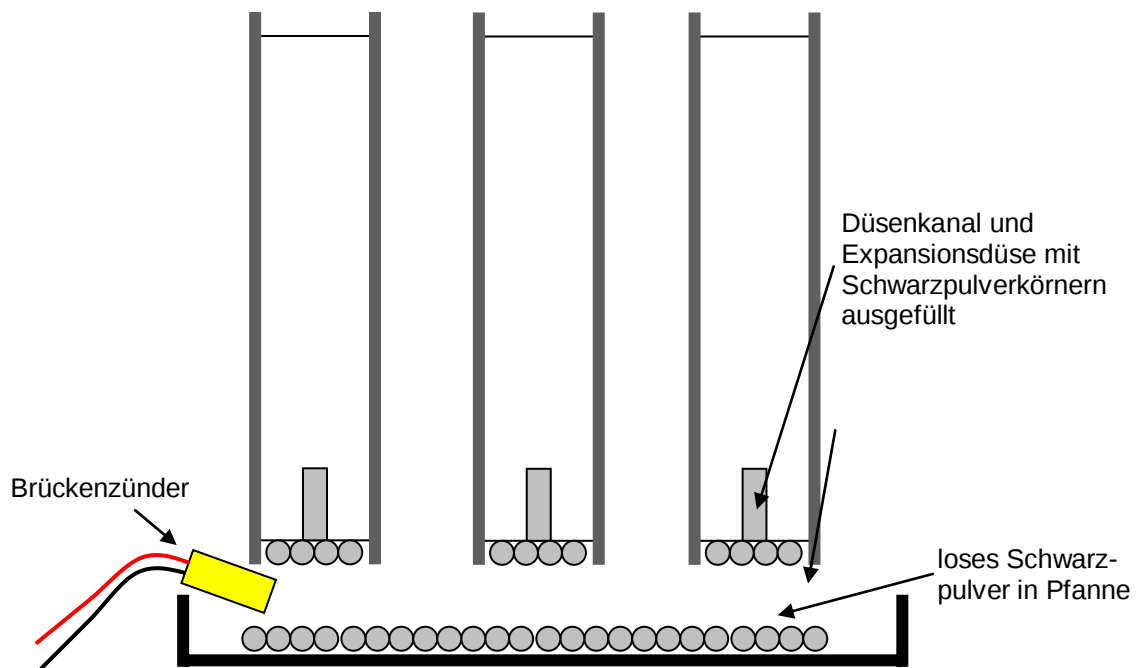
Klassische Möglichkeiten Motorencluster zu zünden sind die offene und geschlossene Pulverpfanne. Bei der offenen Pulverpfanne wird unterhalb des Modells eine "grobe" Stichflamme erzeugt, welche alle Motoren synchron entzündet. Zu beachten ist hierbei, dass man die Antriebe vorher präparieren muss. Das heißt, die Zündkanäle der Antriebe werden mit einem feinkörnigem Schwarzpulver gefüllt und etwas angepresst. Dies darf nicht mit Metall sondern vorzugsweise mit einem Holzwerkzeug (z.b. Stiel eines Kochlöffels) durchgeführt werden. Weiterhin muss der Anpressdruck des Schwarzpulvers immer gleich sein, da ein stärker verpresstes Pulver eine geänderte Brandgeschwindigkeit und damit einen Zündverzug zur Folge haben kann.

Das unterhalb des Cluster in der offenen Pulverpfanne eingebrachte Schwarzpulver dient lediglich zum Erzeugen einer Stichflamme. Da aber dieses Schwarzpulver eine nicht unerhebliche Gasmenge produziert, ist darauf zu achten, dass der Druck entweichen kann. Ist dies nicht der Fall, kann das Modell innerhalb der Rampe kurz angehoben werden und die Raketenspitze (bei Kopftrenner-Modellen) durch den kurzen und heftigen Schlag ausgehoben werden. Geschieht dies, zünden nachdem die Spitze sich getrennt hat, die Antriebe durch. Der Start wird weniger erfolgreich sein.

Im Fall der **offenen Pulverpfanne** haben sich folgende Systeme bewährt:

- eine komplett gelochte Blechbüchse, welche sich auf das Raketenheck leicht aufstecken lässt. Sie wird sich durch den Druck der Motoren nach unten abfallen, während der Druck der Pulverpfanne durch die seitlichen Löcher der Dose entweichen kann.
- ein Rohr im Durchmesser der Rakete unter den Antrieben, welches mit Aluminiumfolie bedeckt wird. Auf diese Alu-Folie wird etwas Schwarzpulver aufgebracht. Der Abstand zum Modellheck sollte 5-10 cm betragen. Um ein seitliches Hochschlagen des Stichflamme am Modell zu verhindern, wird rund um das Modell, sowie um das Rohr eine Lage Alu-Folie gelegt. Der entstehende Druck des Pulverpfanne kann dann nach unten und seitlich entweichen, die Alufolie wird wegschmelzen. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Reflektionswärme der Antriebsflamme nach unten wie in einer Abgasschurre abgeführt wird.

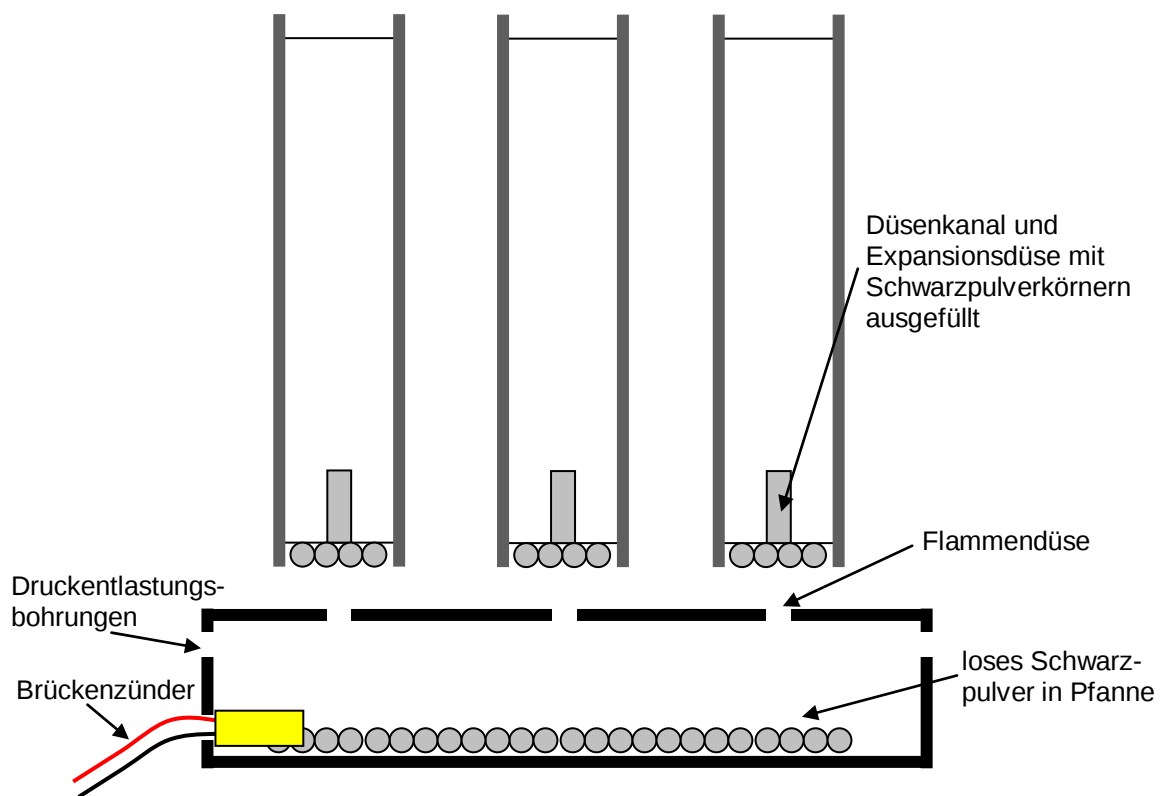
In beiden Fällen kann das offene Zündsystem den Cluster entweder durch einen einzigen Elektrozünder, gleich welcher Bauart, oder auch einer Zündschnur sehr sicher zünden. Beide Systeme haben einen entscheidenden Nachteil: Das Raketenheck wird in jedem Fall mit Schmauchspuren überzogen!



Offene Pulverpfanne zur synchronen Anzündung gebündelter Triebwerke

Elegant ist hier der Einsatz einer geschlossenen Pulverpfanne, die auch als Zündbüchse bezeichnet wird. Dieses System hat statt der "groben" Stichflamme unter jedem einzelnen Motor eine Zünddüse, durch die jedem Motor eine gezielte eigene Stichflamme zugeführt wird.

(Das Präparieren des Zündkanals kann entfallen, wird aber nicht empfohlen)



Geschlossene Pulverpfanne zur synchronen Anzündung gebündelter Triebwerke

Gemeinsam haben alle Anzündsysteme mit einer offenen oder geschlossenen Pulverpfanne, -Büchse, Rohr usw., daß zwischen den Triebwerken und der Pfannen mindestens ein Abstand von 10 mm vorhanden sein muß, damit die Gase nicht mit Druck durch die Spalte zwischen Triebwerk und Motorhalterungsrohr ins Innere der Raketen gepreßt werden können!

Als Anzündpulver eignet sich allein Schwarzpulver, da es im Gegensatz zu Nitropulver bzw. Nitrozellulose ohne erhöhten Umgebungsdruck schnell genug verbrennt und zudem viele glühende Kohlenstofffunken erzeugt.

10 T2-konforme Zündgeräte für Raketenantriebe

Zündgeräte im T1-Bereich sind sehr einfach aufgebaut und unterliegen keinen nennenswerten Anforderungen. Im T2-Bereich hingegen gibt es bestimmte gesetzliche Vorschriften wie z. B. einen Schlüsselschalter, um dem Zugriff Dritter vorzubeugen, oder einen Mindestabstand des Modellbauers von der Startrampe von 15 m, was einer ebenso langen Zündleitung gleichzusetzen ist, wenn man keine Funkauslösungen vorsieht. Konstruktive Auslegungen der Schaltungen sind sehr vielschichtig und decken ein breites Spektrum zwischen einfachsten Lötungen, Niederspannungs-Kondensator-Zündgeräte bis hin zu IC-bestückten Platinen und vollelektronischen Bauweisen.

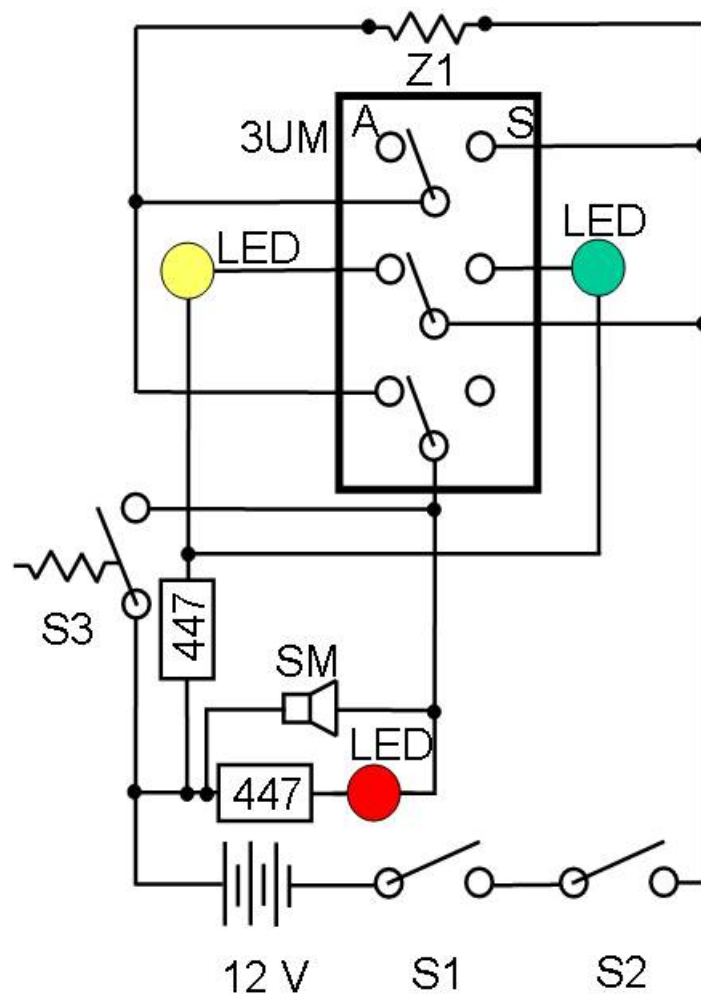
Viele Jahre Erfahrung der verschiedensten Modellbauer in und um Deutschland führten zu Anforderungen an Zündgeräte, die zum Teil weit über die gesetzlichen Forderungen hinausgehen und als weitere Sicherheitsanforderungen gewertet werden können. Die hierbei wichtigsten aufgestellten Spezifikationen an ein T2-konformes Zündgerät lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- hochstromfähiger und hochkapazitiver Akku (Pb-Gel)
- Schlüsselschalter und Zündtaster
- Kurzschlußmöglichkeit der Zündleitung
- Zündkreisüberprüfung (optisch und/oder akustisch)
- Prüfstrom < 50 mA wegen der Verwendung von Brückenzündern
- mindestens 15 m Zündleitung mit mindestens 2,5 mm² Querschnitt

Generell sollte ein Zündgerät, unabhängig ob T1- oder T2-konform, einen hochstrom-fähigen und möglichst hochkapazitiven Akku beinhalten, damit für kurze Zeiten möglichst hohe Ströme den Zündern zur Verfügung gestellt werden können. NiCd-Sinterzellen oder Blei-Gel-Akkus sind daher für diesen Einsatzzweck prädestiniert. Des weiteren, um der gesetzlichen Vorschrift zu genügen, muß ein Schlüsselschalter vorhanden sein, damit kein Dritter eine Zündung vornehmen kann. Es sind zudem ausschließlich **Zündtaster** und keine **Zündschalter** erlaubt, damit „nach der Wegnahme des drückenden Fingers“ sichergestellt ist, dass keine Zündspannung bzw. Zündstrom an den Klemmen am Ende der Zündleitung mehr anliegt. Ein weiteres ganz wichtiges Merkmal ist die Kurzschlußmöglichkeit des Zündkreises a) während der Zünder angeschlossen wird und b) während der Wartezeit zwischen dem Zünderanschluß und dem Raketenstart. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Zündleitung potentialfrei ist und auch Induktionsphänomene, hervorgerufen durch uns umgebende elektromagnetische Strahlung, nicht zu einer vorzeitigen Auslösung des Zünders führen können. Vor einem Countdown muß stets eine Zündkreisüberprüfung stattfinden. Hierbei wird über die Zündleitung **durch** den Zünder ein geringer Strom geleitet, welcher

wesentlich kleiner (max. $\frac{1}{10}$) als der vom Zünder benötigte Zündstrom ist. Ist der Zünder korrekt angeschlos-sen und der Stromkreis geschlossen, muß dies durch eine optische und/oder akustische Signalgabe dem Modellbauer mitgeteilt werden (Zündkreisüberprüfung). Hier bieten sich LowCurrent LEDs oder Piezo-Summer an, welche lediglich wenige mA Strom, hier Prüfstrom, benötigen.

Ein einfach zu bauendes Zündgerät, welches all diese Anforderungen erfüllt und zudem geringste Lötarbeiten und -kenntnisse voraussetzt, ist im Forum www.raketenmodellbau.de unter PowerProUnlimited (PPU) bekannt und wird im Folgenden detailliert vorgestellt.



Schaltung des T2-konformen Zündgerätes PowerProUnlimited (PPU)

Stückliste:

3UM:	3fach Umschalter	447:	Widerstand 447 Ω
SM:	Piezo-Warnsummer	LED:	LowCurrent LED 2mA
S1:	Hauptschalter	S2:	Schlüsselschalter
S3:	Zündtaster	Z1:	Zünder

Funktion:

3UM, Schaltzustand „S“; „Secure“:

Zünder Z1 ist kurzgeschlossen. Die grüne LED leuchtet und quittiert optisch dem Modellbauer diesen Schaltzustand, in dem er gefahrlos den Zünder anschließen kann. Zudem ist der Zündtaster S3 ohne jegliche Funktion.

3UM, Schaltzustand „A“; „Armed“:

Der Kurzschluß am Zünder Z1 ist aufgehoben. Daher ist die grüne LED erloschen und die gelbe LED quittiert hierbei den Schaltzustand. Ist ein Zünder an Z1 angeschlossen und der Stromkreis geschlossen, leuchtet die rote LED als optische und der Piezo-Summer SM als akustische Warnung. Der Zündtaster S3 hat nun Funktion. Wird die Zündung ausgelöst und der Zünder brennt durch, wird der Stromkreis über Z1 geöffnet. Die rote LED erlischt und der Summer verstummt. Die gelbe LED leuchtet jedoch weiterhin, um den Modellbauer daran zu erinnern, dass a) der Schaltzustand „Armed“ noch aktiviert ist und die Zündleitung nicht kurzgeschlossen ist sowie b) der Zündtaster S3 noch Funktion hat und Kurzschlüsse an den Klemmen am Ende der Zündleitung hervorrufen könnte. Nach einer erfolgten Zündung sollte daher der 3fach UM-Schalter in den Schaltzustand „Secure“ geschaltet werden, damit die gelbe LED erlischt, die grüne LED erleuchtet und somit dem Modellbauer anzeigt, dass der Zündtaster S3 keine Funktion mehr hat und die Zündleitungen wieder kurzgeschlossen sind.

Weitere Kurzbemerkungen zu Zündern, der Zündkreiskontrolle sowie Verhaltensregeln:

Neben den sogenannten Satzauslösern (z.B. SN0) kann man auch eigene Elektrozünder herstellen. Dies geschieht durch den Einsatz von Glühdrähten oder auch einzelnen Litzen eines Stahlbowdenzugs. Bowdenzüge bieten sich an, da diese im Gegensatz zu NiCr-Legierungen (Konstantan) lötbar sind.

Die Zündkreisüberprüfung sollte möglichst hochohmig, sprich bei möglichst geringen Prüfströmen erfolgen sein. Es gab bereits Fälle, bei denen ein Brückenzünder mittels eines käuflich erwerblichen ESTES-Zündgerätes der Klasse T1 geprüft und danach gezündet werden sollte.

Bereits beim Prüfen löste der Satzauslöser aus, dass Modell hob vorzeitig ab. Was war passiert ?

Die Durchgangssignalisierung für den Zündkreis war bei diesem Startgerät über eine kleine Glühlampe realisiert. Diese, im Prüfvorgang dem Zünder in Reihe geschaltet, begrenzte den Prüfstrom nicht genug und der Prüfstrom reichte bereits aus um den Satzauslöser zu zünden. Glühlämpchen/Taschenlampenbirnen benötigen zum Teil einige hundert mA Strom, wohingegen der Zündstrom selbst von unempfindlichen von Satzauslösern des Typs U max. 500 mA beträgt.

Von der vorzeitigen Auslösung abgesehen, hatte das ESTES-Startgerät der Klasse T1 einige weitere Mängel, die in der Klasse T2 nicht auftreten dürfen:

- Die Spannungsquelle bestand aus 4 Mignonzellen
- Der Sicherheitsschalter war ein einfacher Drahtstift
- Die Zündleitungen viel zu kurz und im Querschnitt viel zu klein
- Die Krokodilklemmen am Ende der Zündleitung zum Zünder hatten keinen festen Halt

Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich, dass Utensilien, welche im T1-Bereich durchaus praktikabel sind, für den T2-Bereich völlig unzulänglich sind.

Weitere Punkte zur Beachtung:

- bei den Zündtastern auf massive Ausführungen achten
- sollten Relais eingesetzt werden, auf deren Kontaktbelastbarkeit Rücksicht nehmen. Zu schwache Relaiskontakte können zum Verkleben neigen und damit ständig Spannung auf die Zündklemmen geben
- **NIEMALS** Glühlampen zur Zündkreisüberprüfung einsetzen. Besser Leuchtdioden mit Vorwiderstand oder Transistoren und LEDs
- als Zündleitungen haben sich gut flexible Lautsprecherkabel vielfach bewährt. Am besten wegen der Sichtbarkeit im Gras in neon-farbigen Ausführungen
- Als Zündakku haben sich neben den NiCd-Sinterzellen und PB-Gel Akkus auch Motorrad- und Autobatterien bewährt. Bei letzteren beiden ist wegen der flüssigen Schwefelsäure Vorsicht geboten

⇓ Völlig ungeeignet sind 9V-Blockbatterien als Zündbatterien ⇓

Diese sind aufgrund ihres hohen Innenwiderstandes nicht in der Lage den erforderlichen Gesamtstrom einer komplexen Elektrozünderverschaltung zu liefern. Obwohl ein 9V-Block einen Brückenzünder zu zünden vermag, so ist dessen Grenze der Strombelastbarkeit spätestens bei Eigenbau-Drahtzündern überschritten.

11 Techniken zum Packen von Fallschirmen

Je steifer das Fallschirmmaterial, desto eher wird er sich entfalten, desto schlechter wird er aber ausgestossen. Das Material ist damit auch abhängig von der Grösse des Schirms. Nylon hat sich hier mehr als bewährt.

Niemals den Schirm direkt an der Rakete befestigen. Die Kräfte werden sonst viel zu gross, ausserdem besteht die Gefahr, dass sich die Flossen in den Leinen verheddern. Die Spitze kommt direkt an den Schirm, die Rakete an das (lange) Schockband.



Den Schirm ganz ausbreiten und glattstreichen.



Sauber umschlagen, Naht auf Naht.



Die Enden bis zur Mitte zusammen falten. Die Leinen nach innen buchten



Die Schirmspitze nach unten umschlagen.



Die Enden wieder zur Mitte hin umschlagen.



Oberes Ende erneut nach unten klappen.



Die Enden wieder zur Mitte hin umschlagen und zusammen falten.



Nun zusammenrollen und durchwalken, dann ins Rohr einschieben.

12 Techniken zum Fallschirmauswurf

a) Verzögerungssatz im Raketenantrieb

Voraussetzung:	keine
Vorteil:	keine zusätzlichen Teile erforderlich
Nachteil:	pyrotechnischer Fallschirmauswurf mit Verschmutzung und Brandgefahr für den Fallschirm

Beim pyrotechnischen Auswurf ist der Motor in Verbindung mit einem pyrotechnischen Verzögerungssatz (Delay) und einer Auswerferladung für die Schirmauslösung zuständig. Wir kennen diese Auslösung bereits von den T1 Treibsätzen. Eingesetzt wird diese Technik ebenfalls in leicht abgewandelter Form bei Motoren der Firmen Aerotech, Dr. Rocket, Cesaroni Inc. usw.. Hier kann unter verschiedenen Delayzeiten gewählt werden. Das Prinzip ist jedoch das Gleiche.

b) Zündschnur definierter Länge

Voraussetzung:	Motor mit oben offener Durchzündung
Vorteil:	keine beweglichen mechanischen Teile, keine Elektronik
Nachteil:	Durchzündung nicht zuverlässig, Zeiteinstellung über Zündschnurlänge mit hohen Toleranzen behaftet

Hier wird bei Motoren die nach oben nicht verschlossen sind (z.B. Held5000 oder Held1000) eine Zündschnur eingeklebt. Diese zündet nach Durchbrennen des Antriebes eine Ausstoßladung. Die Verzögerungszeit ist abhängig von der Beschaffenheit der Zündschnur und deren Brenngeschwindigkeit. Hier haben sich Unterwasserzündschnüre, Bergwerkszündschnüre oder auch FWK-Zündschnüre bewährt. Deren Abbrandgeschwindigkeit liegt ca. bei 1 cm/s .

c) Aufsetzen eines kleinen Raketenantriebes von z. B. 18 mm (B4-4) auf einen Motor mit 25 mm Durchmesser (Held5000)

Voraussetzung:	Motor mit oben offener Durchzündung
Vorteil:	keine beweglichen mechanischen Teile, keine Elektronik
Nachteil:	Durchzündung nicht zuverlässig, Zeiteinstellung über Zündschnurlänge mit hohen Toleranzen behaftet

Gerade bei Held5000-Antrieben ist es sehr einfach diesen mit einer Verzögerung zu versehen. Der Motor-Innendurchmesser beträgt 18 mm und man kann hier einen T1-Treibsatz mit eingebauter

Verzögerungs- und Ausstoßladung nutzen. Als Verzögerungszeit muss man dann die Motorbrenndauer und die Delayzeit des eingesetzten T1-Treibsatz addieren.

d) Einsatz von Elektroniken / elektro-pyrotechnische Verzögerung

Voraussetzung:	Motor mit geschlossenem Kopf, schubstärkere Motoren wegen Zusatzgewicht
Vorteil:	keine beweglichen mechanischen Teile, höhere Zuverlässigkeit, variable Techniken
Nachteil:	Aufwändiger Bau, für Fortgeschrittene, Kosten

Im zunehmenden Maße werden Elektroniken im Raketenmodellbau zur Detektion des Gipfelpunktes eingesetzt. Bei der Verwendung von Timerschaltungen ist a) die genaue Kenntnis der Schubkurve des Antriebes und b) die möglichst exakte Flugdauer bis zum Gipfelpunkt zu kennen, was viele Raketenmodellbauer an die Grenzen ihres Wissens führt. Großes Interesse wird daher jenen Elektroniken entgegengebracht, die unabhängig von der Schubkurve des Antriebes respektive Flugdauer der Rakete den Gipfelpunkt zweifelsfrei erkennen. Diese Elektroniken beinhalten Luftdruck- und/oder Beschleunigungssensoren und sind mitunter teuer. In der Vergangenheit wurde daher Neigungsschaltern bzw. Quecksilberschalter Aufmerksamkeit geschenkt, da sie durch einen Tropfen Quecksilber auf einfachste Weise einen Stromkreislauf schließen können und somit am Gipfelpunkt der Flugbahn, an dem sich die Rakete beginnt Richtung Erde zu neigen, eine Ausstoßladung zünden könnten.

Aus physikalischen Gründen die Methode der Gipfelpunkterkennung über Quecksilber-Neigungsschalter im allerhöchsten Maße unzuverlässig und wird daher an dieser Stelle NICHT EMPFOHLEN!

Während eines Raketenfluges treten die unterschiedlichsten Beschleunigungen auf, die zu einer verfrühten Auslösung führen können und in der Vergangenheit zu zahlreichen Raketenabstürzen geführt haben! Bei Brennschluß kehrt sich stets die positive Beschleunigung in eine negative Beschleunigung (Luftabbremung) um. Dies kann aber auch schon während des Brennens der Antriebe geschehen, wenn die Schubkraft des Antriebes/der Antriebe kleiner wird als die Gewichtskraft (bzw. unter Gewichtskraft plus Luftwiderstandskraft) der Rakete. Diese Gefahr verstärkt sich immens bei der Verwendung von Antrieben mit regressiven Schubkurven. Daher sind Quecksilberschalter noch nicht einmal für eine zuverlässige Erkennung des Brennschlusses heranzunehmen! Jedoch ist die Verwendung von Quecksilberschaltern auch bei der Verwendung von Raketenantrieben mit monoton progressiven Schubkurven eine äußerst unzuverlässige Methode zur Gipfelpunkterkennung, da am Gipfelpunkt vorherrschende Mikrogravitationszustände den Quecksilbertropfen nur bedingt in die gewünschte Richtung fließen lassen.

Unabhängig von der Zuverlässigkeit sollte man als Raketenmodellbauer schon allein aus Umweltschutzgründen von einer Verwendung von Quecksilberschaltern absehen, da im Falle eines Raketenabsturzes deren Glasglocke zerbrechen kann und ein Tropfen reines und höchst giftiges Quecksilber in den Erdboden gelangt.

Für den Einstieg in elektronische Methoden zur Gipfelpunktpunkterkennung werden daher wertfrei einige Empfehlungen gegeben:

SALT-3:

Eine barometrische Gipfelpunkterkennung erfolgt bis zu einer Genauigkeit von 1 m. Alle Flugdaten werden gespeichert und können mit einem PC ausgelesen werden. Geeignet für Dual-Deployment (Vorfallschirm am Gipfelpunkt, Hauptfallschirm in einer frei einstellbaren Flughöhe).

Ansprechpartner: Peter Quartier, pmq@sitec.net

AltAcc:

Mittels Beschleunigungssensoren erfolgt eine zuverlässige Erkennung des Gipfelpunktes, wo ein Vorfallschirm oder auch ein Hauptfallschirm ausgestoßen werden kann. Ein weiterer Luftdrucksensor ermöglicht den Auswurf eines Hauptfallschirmes in einer voreingestellten Flughöhe. Alle Flugdaten werden gespeichert und können mit einem PC ausgelesen werden.

Ansprechpartner: Olivier Timper, otimper@t-rocketry.de

DentaMag:

Der DentaMag vermisst den Winkel, den die Rakete zu den Magnetfeldlinien der Erde einnimmt. Ab Gipfelpunkt erfolgt unumgänglich eine Winkeländerung zwischen Rakete und Magnetfeldlinien, wodurch zuverlässig der Gipfelpunkt erkannt wird.

Ansprechpartner: Achim Hofmann, achim-hofmann@t-online.de

TinyTimer:

Ein äußerst kleiner Timer in SMD-Bauweise. Für große und kleinste Raketen geeignet, sehr preiswert und zuverlässig.

Ansprechpartner: Stefan Wimmer, wswb1n@freenet.de

D-Serie:

Die D-Serie umfaßt einige Elektronik zum Fallschirmauswurf. Beginnend mit einer einfachen Timer-Schaltung bis hin zur geomagnetischen Gipfelpunkterkennung ähnlich dem DentaMag.

Ansprechpartner: Andreas Hader, andreas.hader@t-online.de

Triggerung (Start) von elektronischen Verzögerungsschaltungen und weiteren Schaltungen für die Fallschirmauslösung

1. Mechanische Triggerung mit Schaltern

externe Anwendung

- Reiß-Schalter mit Zugseil
- Druckknopf der aus dem Rumpf ragt, Auslösung durch Verlassen der Startrampe
- mechanisch-elektrische Auslösung durch Abreißen eines Verbindungsdrahtes bei Verlassen des Startgestells

interne Anwendung

- Schwerkraftschalter (Mikroschalter) mit Ballastgewicht

2. Elektrische oder magnetische Triggerung

externe Anwendung

- Reed-Kontakt im Rumpf, Auslösung durch Dauermagnet am Startgestell
- opto-elektrische Triggerung durch Fotozelle im Rumpf

interne Anwendung

- elektronische Beschleunigungssensor
- barometrischer Sensor mit Minimum-Auswertung
- Magnetfeldsensor

13 Einführung in die Technik von Hybridmotoren

Einführung

Was einen Hybrid-Motor als solchen kennzeichnet ist der Aggregatzustand, in der die beiden für Verbrennung notwendigen Antriebsstoffe, Treibstoff und Oxidator, vorliegen. Während es sich bei den aller meisten Raketenmotoren im Modellbaubereich um so genannte Feststoffmotoren handelt, d. h. sowohl der Treibstoff als auch der Oxidator liegen in einer festen Form direkt innerhalb der Brennkammer vor, besitzt bei einem Hybrid-Antrieb eine der beiden Antriebsstoffe eine flüssige oder auch gasförmige und der andere eine feste Form. Man spricht von einem „hybriden“ Antrieb, wenn der Treibstoff als fester Stoff in der Brennkammer vorliegt und der Oxidator in flüssiger Form hinzu gegeben werden muss. Liegen beide Stoffe in umgekehrter Form vor, d. h. der Oxidator ist fest und der Treibstoff flüssig, so spricht man hingegen von einem „inversen Hybriden“.

Aufbau

Ein Hybrid-Motor besteht prinzipiell aus mindestens vier Teilen: dem Tank, dem Injektor (d. h. der Einspritzkopf), der Brennkammer und der Düse. Den größten Unterschied zu einem Feststoffmotor stellt wohl der Tank dar. Während bei einem Feststoffmotor keiner der beiden Antriebsstoffe transportiert werden muss, denn sie lagern ja bereits zum Zeitpunkt des Abbrandes in der Brennkammer, ist es bei einem Hybriden hingegen notwendig den flüssigen Teil getrennt aufzubewahren und erst während des Betriebs der Brennkammer kontinuierlich zuzuführen.

Alle im Modellbau kommerziell erhältlichen Hybrid-Systeme lagern in ihrem Tank flüssiges Distickstoffmonoxid (techn. Lachgas bzw. N_2O). Flüssiges Lachgas bietet den Vorteil, dass man seinen Eigendruck von ca. 50 bar (bei Zimmertemperatur) zur Förderung in die Brennkammer nutzen kann. Andere Oxidatoren (Ausnahme z. B. Sauerstoff) meist bedürfen hierbei meist einer externen Druckbeaufschlagung wodurch ein weiterer Drucktank notwendig wird. Des Weiteren ist Lachgas einer der wenigen Oxidatoren, die für Modellbauer ohne größere Hürden erwerblich und auch handhabbar ist.

Direkt an den Oxidator-Tank angeschlossen stellt der Injektor die Verbindung zur Brennkammer dar. Wer jedoch meint, dieser Teil des Motors sei nicht der Erwähnung wert irrt, hat der Injektor doch die Aufgabe den Oxidatorstrom erst im Moment der Motorenzündung frei zu geben und durch seine Form für eine best mögliche Verteilung des Oxidators im Brennkammerraum zu sorgen. Wie der Injektor ersteres bewerkstelligt hängt vom Hybrid-System ab und wird hier an späterer Stelle näher erläutert. Wie sehr die Gesamtleistung des Motors auch von der Form des Injektors abhängt zeigt sich schön bei dem von der Firma RATTWorks vertriebenen System. Hier wird der

spezifische Impuls eines K240 Motors durch Ersetzen des Standard-Injektors durch einen speziell angepassten Injektors von 145 Sekunden auf 205 Sekunden gesteigert.

Auf den Injektor folgt die Brennkammer. In ihr lagert bereits der feste Treibstoff, was im Falle der kommerziellen Hybrid-Systeme meist ein Kunststoff (PMMA (Acralglas), PE, PP, PB oder auch PVC) ist. Während bei Feststoffmotoren der Treibstoff normalerweise selbst in einer Phenolharz- oder auch Papp-Hülse lagert, die als Hitzeschild für die aus einer Aluminiumlegierung bestehende Brennkammerwand gegenüber der im Inneren herrschenden Temperatur gedacht ist, fehlt diese in Hybridmotoren gänzlich. Der Grund hierfür ist die Tatsache, dass eine Verbrennung nur dort statt finden kann wo Treibstoff und Oxidator direkt auf einander treffen; an der Innenwandung des Treibstoffblocks. Nach außen, also Richtung Brennkammerwand dient der Treibstoff selbst noch als Isolator, da er die Hitzestrahlung nur allmählich durchlässt. Dies ist für die maximal 12 Sekunden lang brennenden Motoren vollkommen ausreichend.

Abgeschlossen wird die Brennkammer durch die Expansionsdüse, die, wie in jedem anderen Raketenmotor auch, für die eigentliche Schuberzeugung zuständig ist. Je nach Hybridsystem kommen hier Stoffe wie Graphit, Stahl oder auch Bakelit zum Einsatz, je nach System muss diese jedoch vor jedem Start ersetzt werden.

Funktionsweise

Bevor ein Hybridmotor, betrieben mit Lachgas und Kunststoff, gezündet werden kann muss das Innere der Brennkammer zuerst aufgeheizt werden. Dies hat zwei Gründe: Zum einen spaltet sich erst bei ca. 500° C das Lachgas in seine Bestandteile Stickstoff und Sauerstoff auf und zum anderen beginnt der Kunststoff zu verdampfen. Erreicht wird dies je nach Hybrid-System durch das Entzünden einer kleinen Menge Fest-Treibstoff (Composit, Schwarzpulver, usw.) im Inneren der Brennkammer oder durch das Entzünden einer in die Brennkammer eingeführten Bogenlampe welche mit reinem Sauerstoff geflutet ist. Das letztgenannte Verfahren wird auch als „pyrotechnisch freie Zündung“ oder kurz „pyro-free“ bezeichnet und unterliegt NICHT dem Sprengstoffgesetz. Nach der Zündung, meist mittels Durchbrennen eines Stückes Kunststoffschlauch, gibt der Injektor den Weg für das Lachgas frei. Bedingt durch die dort herrschende Temperatur, beginnt das Lachgas sich zu zersetzen und seine Einzelteile reagieren mit dem gasförmig gewordenen Kunststoff. Es kommt zu einer Verbrennung, deren Resultat noch mehr Hitze und leichte Gasmoleküle ist. Während die erzeugte Hitze zum einen weiter dafür sorgt, dass der Kunststoff verdampft und die Brennkammer unter hohem Druck gehalten wird, stellen die Gasmoleküle das Arbeitsmedium dar, mit dessen Hilfe die Düse schließlich ihren Schub erzeugt.

An dieser Stelle kommen wir zu einem weiteren Vorteil der Hybridmotoren. Bedingt durch den Dampfdruck des Lachgases von ca. 50 bar ist es unmöglich, dass in der Brennkammer ein Druck

von größer 50 bar entstehen kann. Warum? Nun, der Brennkammerdruck stellt ein Gegengewicht zu dem im Tank herrschenden Druck dar. Ist der Druck in dem Oxidator-Tank höher als in der Brennkammer, beginnt das Lachgas in Richtung Brennkammer zu fließen. Mit steigendem Druck und somit verringernder Druckdifferenz zwischen Brennkammer und Oxidator-Drucktank, fließt immer weniger Lachgas aus dem Tank, welches jedoch gebraucht wird, um die Verbrennung im Inneren der Brennkammer aufrechtzuerhalten. Die Leistung des Motors, d. h. auch sein Brennkammerdruck, sinkt. Dies hat zur Folge, dass wieder mehr Lachgas in die Brennkammer gelangt. Wie man sieht regelt sich das System selbst auf einen Arbeitsdruck kleiner 50 bar. Im Gegensatz dazu wird ein Feststoff-Motor alleine dadurch geregelt, wie viel Oberfläche der Abbrand-Flamme ausgesetzt ist und wie hoch der Massestrom durch den Querschnitt der Düse begrenzt wird. Dieser Effekt verstärkt sich je nach Treibstoff-Typ zusätzlich durch die herrschende Temperatur und Druck. Im Normalfall ist dies kein Thema, der zu erwartende Druck kann anhand der Treibstoff-Geometrie errechnet und die Motoren-Gehäuse auf die dabei entstehenden Kräfte ausgelegt werden. Kommt es jedoch im Inneren des Feststoff-Treibstoffblocks zu einem Riss, Poren oder Lunker, z. B. bedingt durch mechanische Belastung (z. B. das versehentliche Fallen lassen des Treibstoffblocks), unsaubere Herstellung oder falsche Lagerung, entstehen sogenannte HotSpots, eine schlagartig größer werdende Abbrandfläche. Der dabei unerwartet und unkontrolliert ansteigende Druck bringt dann meist das Motoren-Gehäuse von Feststoff-Motoren zum Bersten.

Verfügbare Hybrid-Systeme

Aerotech, MicroHybrid

Bei dem Hybrid-System der Firma Aerotech handelt es sich um ein RMS-Gehäuse, wie es auch für die Feststoff-Antriebe verwendet wird. Es wird lediglich ein Drucktank benötigt, der auf dem bestehenden Gehäuse montiert werden muss. Ein Stück Fest-Treibstoff versperrt den Weg für das Lachgas und dient dazu die Brennkammer vorzuheizen. Als Treibstoff kommt bei diesem Motor Zellulose zum Einsatz. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass das Gehäuse sowohl für Hybrid, als auch Feststoff, verwendet werden kann. Der Hersteller bietet außerdem eine Palette an Tanks, Injektoren und Treibstoffen an, die sich fast beliebig kombinieren lassen, um so die gewünschte Motorenleistung und Brenndauer zu erhalten.

Der MicroHybrid wird nicht direkt von einer Firma hergestellt sondern ist mehr ein Synonym für einen sehr kleinen und sehr einfachen Motor, angetrieben durch das Lachgas einer Sahnespender-Patrone. Diese wird vor dem Flug in den Motor geschraubt, ein Dorn zerstört die Metallmembran und der Motor steht unter Druck. Als Treibstoff dient eine kleine Rolle Papier. Im Internet sind ein / zwei Hersteller zu finden, bei denen man den MicroHybrid als Bausatz erwerben kann. Der Nachteil beider Systeme ist die Tatsache, dass der Tank vor dem Start von Hand befüllt und mit dem Brennkammer-Gehäuse verbunden werden muss. Bei den im Tank herrschenden 50

bar Druck ein nicht ganz ungefährliches Unterfangen, sollte der Tank, bedingt durch eine Materialermüdung plötzlich bersten. Die beiden nun folgenden Hybrid-Systeme hingegen erlauben das Betanken des Motors aus sicherer Entfernung.

Monotubes (RATTWorks, WestCoast, SkyRipper, Propulsion Polymers)

Monotube-Motoren bestehen, in Anlehnung an den Namen, aus einem Rohr. Nach oben ist das Rohr durch einen Schraubverschluss luftdicht abgeschlossen, in das untere Ende kann die Düse aus Graphit eingeschraubt werden. Um nun das Rohr in den Bereich der Brennkammer und in den Bereich des Lachgas-Tanks aufzuteilen, kommt ein kleiner Kolben zum Einsatz, der gleichzeitig auch als Injektor fungiert. Zur Betankung des Hybriden wird ein Nylon-Schlauch mit dem Kolben verschraubt und durch Brennkammer und Düse ins Freie in Richtung Gasflasche geführt. In dem Raum zwischen Treibstoffblock und Betankungsschlauch wird eine kleine Feststoff-Ladung samt Elektrozünder platziert, dessen Kabel ebenfalls durch die Düse ihren Weg ins Freie finden. Fertig präpariert wird die Rakete nun auf die Startrampe gestellt, der Betankungsschlauch und der Elektrozünder angeschlossen. Das Befüllen des Motors kann nun durch Aktivieren des Ventils der Lachgas-Flasche beginnen. Zur Entlüftung und zur Anzeige, ob der Tank vollständig befüllt ist, besitzt der obere Verschluss eine winzige Bohrung, die geringe Mengen flüssiges Lachgas entweichen lässt. Ist der Tank voll, so beginnt weißer Rauch (verdampfendes Lachgas) aus der Rakete zu entweichen. Nun kann man durch Entzünden des Feststoffes den Motor vorheizen. Da der Betankungsschlauch direkt am nun brennenden Feststoff-Block vorbei geht, beginnt dieser zu schmelzen und gibt nach kurzer Zeit das Lachgas frei.

Dieses System ist recht einfach in seiner Handhabung und die Kosten für die Anschaffung der benötigten Betankungs- & Zündanlage (Schläuche und Ventile zum Betanken des Motors, im englischen auch „Ground Support Equipment“ oder kurz GSE genannt) sind moderat. Die Hersteller bieten eine gute Auswahl an Motoren im Bereich H bis M an.

HyperTEK

Dieses sehr interessante System ist sehr modular aufgebaut und besteht aus dem Treibstoff-Block, der Injektor-Glocke und dem Drucktank. Eine besondere Beachtung gilt den Treibstoffblöcken, denn sie sind Treibstoff, Brennkammer und Düse in einem. Hergestellt aus einem hitzebeständigeren Kunststoff, kann ein solcher Treibstoff-Block bis zu zweimal verwendet werden. Um den Motor zu zünden, wird die präparierte Rakete auf der Startrampe mittels Kabelbinder auf eine Betankungs- & Zündanlage geschnallt. Diese ragt mit einem Füllrohr bis zum Injektor und dient dazu den Tank des auf der Startrampe stehenden Motors aus sicherer Entfernung zu befüllen. Durch eine zweite Öffnung kann reiner Sauerstoff in die Brennkammer gelangen. Nach Befüllen des Tanks wird zuerst eine Sauerstoffatmosphäre in der Brennkammer erzeugt und anschließend durch zwei Elektroden ein kleiner Lichtbogen gezündet. Dieser lässt,

bedingt durch den Sauerstoff, den umliegenden Treibstoff-Block in Flammen aufgehen was die Brennkammer aufheizt. Kurz darauf schmelzen die Kabelbinder, mit denen der Motor fest auf der Betankungsanlage sitzt, das Füllrohr springt vom Injektor und das Lachgas beginnt die Verbrennung weiter zu versorgen. In Abhängigkeit davon wie man den Treibstoffblock, den Injektor und den Tank wählt, ist es möglich, die Leistung und Brenndauer seines Motors zu beeinflussen. Der Hersteller bietet hierzu eine große Palette an Teilen an, mit denen sich Motoren mit bis zu 2000 N Durchschnittsschub, 10000 Ns Gesamtleistung oder 13 Sekunden Brenndauer konfigurieren lassen. Der Vorteil dieses Systems liegt in dessen Variabilität. Leider sprechen die Anschaffungskosten für die Betankungs- & Zündanlage nicht gerade für sich.

Vorteile, Nachteile und Wissenswertes

Die Vorteile eines Hybrid-Motors sind ein hoher Kosten/Nutzen-Faktor und die hohe Betriebssicherheit. Da bei Hybriden der Treibstoff lediglich aus einem geformten Kunststoffrohr hergestellt ist und für den nächsten Start nur einige kleinere Teile wie Füllschlauch, Dichtungsringe oder die Düse ersetzt werden muss, sind die entstehenden Kosten für eine Wiederladung des Motors, im Vergleich zu seiner Leistung, außerordentlich gering. Das Wiederladen eines Motors der Leistungsklasse I steht mit ca. 16,- € (Stand: 18.11.2004) in keinem Vergleich zu den am Markt erhältlichen Feststoff-Motoren. Da bis zum Zeitpunkt des Zündens beide reaktiven Treibstoff-Komponenten getrennt gelagert sind, kann es zu keiner spontanen Entzündung des Motors kommen. Darüber hinaus verfügen die meisten Hybriden über die Möglichkeit den Motor erst im letzten Moment, sprich wenn das Modell schon auf der Startrampe steht, aus sicherer Entfernung zu betanken und zu zünden. Die meisten Hybrid-Motoren besitzen eine längliche schlanke Form und der Großteil ihres Gewichtes beschränkt sich auf den Tank, der immer am oberen Ende sitzt. Der somit stark nach oben verlagerte Schwerpunkt erlaubt auch Raketenmodelle zu fliegen, die mit einem Feststoff-Motor geflogen durch Gewichte in der Spitze stabilisiert werden müssten.

Die Nachteile eines solchen Systems sind die hohen Anschaffungskosten für Gehäuse sowie Zünd/Betankungs-Anlage, die komplexe Handhabung der Motoren und die relativ schweren Motoren-Gehäuse sowie die Schwierigkeit derartige Motoren als Oberstufen-Antriebe einer Mehrstufigen Rakete (Staging) bzw. gebündelt (Clustering) zu verwenden. So niedrig die Preise für die Treibsätze sind, so hoch ist der Preis für die anfängliche Beschaffung des Motor-Gehäuses, der Betankungs- & Zündanlage und die Anmietung oder den Erwerb einer Gasflasche für die Lagerung und den Transport des Lachgases. Der Kauf eines Hybrid-Systems sollte gut überlegt sein, ist er doch mit einer ganzen Reihe von Kosten verbunden, was sich jedoch rentiert, beabsichtigt man damit eine Vielzahl von Flügen zu tätigen. Auch sollte nicht unterschätzt werden, dass die Handhabung eines solchen Motors nur zum Teil mit der eines Feststoff-Motors verglichen werden kann, ist sein Zusammenbau für den Start sowie die Pflege nach einem erfolgreichen Flug doch um einiges aufwändiger und verlangt vom Betreiber etwas Geschick und Wissen. Ein solcher

Motor kann meist nur alleine in einem Raketenmodell geflogen werden, da eine synchrone Zündung eines Motorclusters aus Hybrid-Motoren außerordentlich schwierig ist. Das Vorhaben einen solchen Antrieb in der Oberstufe einer mehrstufigen Rakete zu verwenden stellt an dieser Stelle ein noch viel problematischeres Unterfangen dar, denn mit Ausnahme des MicroHybriden und der Aerotech-Hybriden sind alle Hybrid-Systeme bis zum Zeitpunkt ihrer Zündung mit der Betankungs- & Zündanlage verbunden und verfügen über eine Entlüftungsöffnung in ihrem Tank, durch die permanent geringe Mengen an Lachgas entweichen können. Worauf auch hingewiesen werden sollte ist die Tatsache, dass Hybrid-Motoren außerordentlich „wetterfühlig“. Der Dampfdruck des Lachgases, somit der Druck für die Lachgasförderung und auch der Brennkammerdruck hängen stark von der Umgebungstemperatur ab. Mit sinkenden Umgebungstemperaturen sinkt der Druck des flüssigen Lachgases und somit letztlich auch die Performance des gesamten Antriebssystems, wohingegen die Brenndauer steigt. Hierdurch können schnell die Einsatzgrenzen der verwendeten Materialien für die Brennkammer und Düse erreicht werden, was in Deformationen und Anschmelzungen enden bzw. letztenendes bis zum Durchbrennen der Brennkammer resultieren kann. Im umgekehrten Fall steigt in einem befüllten und der prallen Sommersonne ausgesetzten Lachgas-Tank der Dampfdruck, wodurch prinzipiell die Gefahr besteht, die Druckbelastbarkeit des Tanks zu überschreiten.

Links zu Herstellern

RATTWorks	http://www.rattworks.com
West Coast Hybrids	http://westcoasthybrids.homestead.com
Sky Ripper Systems	http://www.skyrippersystems.com
Propulsion Polymers	http://www.propulsionpolymers.com
HyperTEK	http://www.hypertek.com
AeroTech	http://www.aerotech-rocketry.com
Micro Hybrid	http://www.hpr.org.uk/mhybrid/index.htm

14 Anhang zur Lernakte

Anlage 6a zum Anhang

Aufbewahrung kleiner Mengen nach Nummer 4.1 des Anhangs Höchstmengen in kg

Lagergruppe 1.4	Nicht gewerblicher Bereich			Gewerblicher Bereich				
	Gebäude mit Wohnraum		Gebäude ohne Wohnraum	Arbeits- oder Verkaufsraum	Gebäude mit Wohnraum	Gebäude ohne Wohnraum		Außerhalb eines Gebäudes / ortsbewegliche Aufbewahrung
	Bewohnter Raum	Nicht bewohnter Raum				Nebenraum zum Arbeits- / Verkaufsraum	Nebenraum zum Arbeits- / Verkaufsraum	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Pyrotechnische Gegenstände der Klassen I, II, T ₁ ³⁾ und T ₂	n.z. ^{3) 4)}	10 (brutto)	10 (brutto)	20 (brutto)	60 (brutto)	(60 (brutto)	200 (brutto)	200 (brutto)
2 Pyrotechnische Gegenstände der Klassen I, II, T ₁ ³⁾ in Verpackungen nach § 22 Abs. 2 der 1. SprengV	n.z. ^{3) 4)}	40 (brutto)	40 (brutto)	80 (brutto)	240 (brutto)	240 (brutto)	800 (brutto)	800 (brutto)
3 Pyrotechnische Gegenstände der Klasse T ₁ für den Einbau in Fahrzeugen	n.z. ³⁾	1 (netto)	1 (netto)	10 (netto)	10 (netto)	10 (netto)	100 (netto)	100 (netto)

¹⁾ F 30 – A nach DIN 4102 (Diese Fußnote kann bei Aufnahme in die SprengLR entfallen).

²⁾ Außer pyrotechnische Gegenstände der Zeile 3.

³⁾ Nicht zulässig.

⁴⁾ Pyrotechnische Gegenstände der Klassen I und II dürfen bis zu 1 kg (brutto) aufbewahrt werden.

**Aufbewahrung kleiner Mengen nach Nummer 4.1 des Anhangs
Höchstmengen in kg**

	Explosivstoffe/Stoffe		Wohn- und Geschäftsgebäude						Gewerblich genutzte Gebäude		Ortsbewegliche Aufbewahrung (Baustellenwagen, Schränke, Schiffe usw.)
			Unbewohnter Raum				Unbewohnte Nebengebäude				
		Bewohnter Raum	nicht gewerblich er Bereich	gewerblicher Bereich	Verkaufsraum	Nebenraum zum Verkaufsraum	nicht gewerblicher Bereich	gewerblicher Bereich	Arbeitsraum	Lagerraum	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Lagergruppe 1.1										
1	Sprengstoffe, Sprengschnüre	n.z. 	n. z.	n. z.	n. z.	n.z.	5 (netto)	5 (netto)	n.z.	5 (netto)	25 (netto)
2	Schwarzpulver, Treibladungspulver, Treibladungen	n.z.	1 (netto)	1 (netto)	n.z.	3 (netto)	3 (netto)	25 (netto)	n.z.	5 (netto)	25 (netto)
3	Sprengkräftige Zündmittel	n.z.	0,1 (netto)	0,1 (netto)	n.z.	n.z.	1 (netto)	1 (netto)	n.z.	1 (netto)	1 (netto)
4	Pyrotechnische Gegenstände der Klasse T ₂	n.z.	5 (brutto)	5 (brutto)	n.z.	25 (brutto)	5 (brutto)	25 (brutto)	n.z.	25 (brutto)	25 (brutto)
	Lagergruppe 1.2										
5	Pyrotechnische Gegenstände über 60 mm Durchmesser der Klassen IV, III, T ₂	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.	20 (brutto)	60 (brutto)	n.z.	60 (brutto)	60 (brutto)
6	unter 60 mm Durchmesser der Klasse IV	n.z.	5 (brutto)	5 (brutto)	n.z.	10 (brutto)	20 (brutto)	60 (brutto)	n.z.	60 (brutto)	60 (brutto)
7	unter 60 mm Durchmesser der Klasse III und T ₂	n.z.	5 (brutto)	20 (brutto)	n.z.	25 (brutto)	 10 (brutto)	60 (brutto)	n.z.	60 (brutto)	60 (brutto)
	Lagergruppe 1.3										
8	Treibladungspulver und Treibladungen	n.z.	3 (netto)	3 (netto)	n.z.	10 (netto)	5 (netto)	25 (netto)	n.z.	25 (netto)	25 (netto)

9	Pyrotechnische Gegenstände der Klassen II und T ₁	n.z.	5 (brutto)	5 (brutto)	20 (brutto)	60 (brutto)	10 (brutto)	200 (brutto)	20 (brutto)	200 (brutto)	200 (brutto)
	Lagergruppe 1.4										
10	Sprengkräftige Zündmittel	n.z.	0,1 (netto)	0,2 (netto)	n.z.	n.z.	1 (netto)	2 (netto)	n.z.	2 (netto)	2 (netto)
11	Nicht sprengkräftige Zündmittel	n.z.	3 (brutto)	5 (brutto)	20 (brutto)	60 (brutto)	3 (brutto)	200 (brutto)	20 (brutto)	200 (brutto)	200 (brutto)
12	Lagergruppe Ia	n.z.	3 (netto)	3 (netto)	n.z.	10 (netto)	5 (netto)	25 (netto)	n.z.	100 (netto)	100 (netto)
13	Lagergruppe Ib	n.z.	3 (netto)	5 (netto)	n.z.	10 (netto)	10 (netto)	25 (netto)	20 (netto)	200 (netto)	200 (netto)
14	Lagergruppen II und III	n.z.	5 (netto)	60 (netto)	20 (netto)	75 (netto)	20 (netto)	150 (netto)	60 (netto)	200 (netto)	200 (netto)

*) n. z. = nicht zulässig

¹⁾ Pyrotechnische Gegenstände T₂ für Signalzwecke dürfen bis zu 20 kg (brutto) aufbewahrt werden.