

DIN EN 13857-3



ICS 71.100.30

Entwurf

Einsprüche bis 2021-09-02
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13857-3:2003-01

**Explosivstoffe für zivile Zwecke –
Teil 3: Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten
dem Verwender zur Verfügung zu stellen sind;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13857-3:2021**

Explosives for civil uses –

Part 3: Information to be provided by the manufacturer or his authorised representative to the user;

German and English version prEN 13857-3:2021

Explosifs à usage civil –

Partie 3: Informations à fournir par le fabricant ou par son représentant à l'utilisateur;

Version allemande et anglaise prEN 13857-3:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-07-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 80 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13857-3:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 321 „Explosivstoffe für zivile Zwecke“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNE (Spanien) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-08-98 AA „Explosivstoffe für zivile Zwecke“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

EN ISO/IEC 17025:2017 siehe DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13857-3:2003-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 1 wurde aktualisiert;
- b) Abschnitt 2 wurde aktualisiert;
- c) in Abschnitt 3 wurden die Begriffe 3.2, 3.3, 3.4 und 3.6 hinzugefügt und die Begriffe 3.1 und 3.5 überarbeitet;
- d) Abschnitt 4 wurde hinzugefügt;
- e) Abschnitt 5 wurde aktualisiert und erweitert;
- f) Anhang A, Anhang B, Anhang C, Anhang D und Anhang E wurden hinzugefügt;
- g) Anhang ZA wurde aktualisiert;
- h) redaktionelle Überarbeitungen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017*

<i>Titel de:</i>	Explosivstoffe für zivile Zwecke — Teil 3: Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten dem Verwender zur Verfügung zu stellen sind
<i>Titel en:</i>	Explosives for civil uses — Part 3: Information to be provided by the manufacturer or his authorised representative to the user
<i>Titel fr:</i>	Explosifs à usage civil — Partie 3: Informations à fournir par le fabricant ou par son représentant à l'utilisateur

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten der benannten Stelle zur Verfügung zu stellen sind	6
4.1 Verwendungsfrist	6
4.2 Chemische Reinheit	6
5 Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten dem Verwender zur Verfügung zu stellen sind	6
5.1 Allgemeines	6
5.2 Allgemeine Informationen zu Explosivstoffen für zivile Zwecke	7
5.2.1 Informationen über die Eignung von Explosivstoffen für die Verwendung unter speziellen Bedingungen	7
5.2.2 Informationen zum Bereich der Temperaturen, bei denen der Explosivstoff verwendet werden darf	7
5.2.3 Informationen zur Verwendungsfrist	7
5.2.4 Informationen zur Lagerung	7
5.2.5 Informationen zur Entsorgung	8
5.3 Zusätzliche Informationen über Explosivstoffe	8
5.3.1 Informationen über die physikalische Form und die Maße	8
5.3.2 Informationen über die Zündweise	8
5.3.3 Informationen über die Ladebedingungen	9
5.3.4 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen	9
5.3.5 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen	9
5.3.6 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter hydrostatischem Druck	9
5.3.7 Informationen über charakteristische Eigenschaften	10
5.3.8 Informationen über die chemische Reinheit	10
5.3.9 Sicherheitswarnhinweise	10
5.4 Zusätzliche Informationen über Sprengschnüre, Sicherheitsanzündschnüre und nicht mit Zündern verbundene Zündschläuche	10
5.4.1 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen	10
5.4.2 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen	11
5.4.3 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei erhöhtem hydrostatischen Druck	11
5.4.4 Informationen über das Verbinden einer Sprengschnur mit Sprengstoff oder mit einer anderen Sprengschnur	11
5.4.5 Informationen über charakteristische Eigenschaften	11
5.5 Zusätzliche Informationen über Zünder und Verzögerungselemente	12
5.5.1 Informationen über Einrichtungen und Zubehör für die zuverlässige und sichere Funktion des Zünders oder Verzögerungselements	12
5.5.2 Informationen über die Zündfähigkeit des Zünders	12
5.5.3 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen (falls anwendbar)	12
5.5.4 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen (falls anwendbar)	12

5.5.5	Informationen über die Eignung für die Verwendung bei erhöhten Drücken (falls anwendbar)	12
5.5.6	Informationen über die Verzögerungscharakteristiken	13
5.5.7	Informationen über die elektrischen Eigenschaften von elektrischen Zündern.....	13
5.5.8	Informationen über charakteristische Eigenschaften von nicht-elektrischen Zündern	13
5.5.9	Informationen über das Verbinden von Zündern oder Verzögerungselementen mit einer Sprungsnur oder mit Sprengstoffen	14
5.6	Zusätzliche Informationen über Treibmittel	14
5.7	Zusätzliche Informationen über elektronische Zündsysteme.....	14
5.7.1	Informationen über die Widerstandsfähigkeit von elektronischen Zündsystemen gegen dynamischen Druck.....	14
Anhang A (informativ) Verfahren zur Berechnung der Detonationseigenschaften im Explosionszustand mit konstantem Volumen		15
A.1	Allgemeines	15
A.2	Berechnungsverfahren.....	15
A.2.1	Thermodynamische Daten und Funktionen.....	15
A.2.2	Detonationsprodukte.....	17
A.2.3	Zustandsgleichungen	19
A.2.3.1	Gase	19
A.2.3.1.1	Allgemeines.....	19
A.2.3.1.2	BKW-Zustandsgleichung.....	20
A.2.3.1.3	H9-Zustandsgleichung	21
A.2.3.2	Kondensatphasen.....	22
A.2.3.3	Gleichgewichtsberechnungen.....	22
A.2.3.4	Anlage eines Berechnungsschemas	23
A.3	Prüfbericht.....	25
Anhang B (informativ) Beispielberechnungen.....		26
Anhang C (informativ) Leitfaden für die theoretische Überprüfung.....		29
C.1	Allgemeines	29
C.2	Berechnungen.....	29
C.3	Beispiel für die theoretische Überprüfung	31
Anhang D (informativ) Messung von giftigen Gasen		34
D.1	Kurzbeschreibung.....	34
D.2	Prüfeinrichtung.....	34
D.2.1	Sprengkammer.....	34
D.2.2	Analysegerät.....	34
D.2.3	Gasabsaugvorrichtung.....	34
D.2.4	Mörser	35
D.2.5	Zündweise	35
D.3	Prüfstücke	35
D.4	Durchführung	35
D.5	Prüfbericht.....	35
Anhang E (informativ) Beispiele für die Darstellung der Verzögerungspräzision		37
E.1	Beispiele für die dem Verwender zur Verfügung zu stellenden Informationen über die Verzögerungspräzision	37
Annex ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den abzudeckenden wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie 2014/28/EU über die Bereitstellung auf dem Markt und die Überwachung von Explosivstoffen für zivile Zwecke		39
Literaturhinweise.....		40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13857-3:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 321 „Explosivstoffe für zivile Zwecke“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNE gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13857-3:2002 ersetzen.

Gegenüber der Vorgängerausgabe wurden folgende technische Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 1 wurde aktualisiert;
- b) Abschnitt 2 wurde aktualisiert;
- c) in Abschnitt 3 wurden die Begriffe 3.2, 3.3, 3.4 und 3.6 hinzugefügt und die Begriffe 3.1 und 3.5 überarbeitet;
- d) Abschnitt 4 wurde hinzugefügt;
- e) Abschnitt 5 wurde aktualisiert und erweitert;
- f) Anhang A, Anhang B, Anhang C, Anhang D und Anhang E wurden hinzugefügt;
- g) Anhang ZA wurde aktualisiert.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines von der Europäischen Kommission erteilten Normungsauftrages (M/562) im Anhang des Durchführungsbeschlusses der Kommission C(2019)6634 endgültig in Bezug auf Explosivstoffe für zivile Zwecke erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt wesentliche Sicherheitsanforderungen der EU-Richtlinie 2014/28/EU.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2014/28/EU siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

EN 13857, *Explosivstoffe für zivile Zwecke* setzt sich derzeit aus den folgenden Teilen zusammen:

- *Teil 1: Terminologie*
- *Teil 3: Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten dem Verwender zur Verfügung zu stellen sind*

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Informationen fest, die Hersteller von Explosivstoffen für zivile Zwecke oder deren Bevollmächtigte der benannten Stelle und dem Verwender zur Verfügung zu stellen sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

prEN 13631-1:2021, *Explosivstoffe für zivile Zwecke — Sprengstoffe — Teil 1: Anforderungen*

prEN 13631-10:2021, *Explosivstoffe für zivile Zwecke — Sprengstoffe — Teil 10: Verfahren zur Überprüfung der Zündweise von Explosivstoffen*

prEN 13857-1:2021, *Explosivstoffe für zivile Zwecke — Teil 1: Terminologie*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 13857-1:2021 und die folgenden Begriffe.

3.1

Bevollmächtigter

jede natürliche oder juristische Person mit Sitz innerhalb der Europäischen Union, die von einem Hersteller einen schriftlichen Vertretungsauftrag erhalten hat, um in Bezug auf festgelegte Aufgaben in dessen Namen zu handeln

3.2

Explosionszustand mit konstantem Volumen

Detonationspunkt theoretischer Art, an dem das spezifische Volumen der Detonationsprodukte dem des nicht abreagierten Explosivstoffes entspricht

3.3

Gasvolumen

durch die gasförmigen Detonationsprodukte beanspruchtes Volumen, berechnet aus der Zusammensetzung im chemischen Gleichgewicht im Explosionszustand mit konstantem Volumen bei einer festgelegten Temperatur und einem festgelegten Druck

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird üblicherweise auf die Masse des Explosivstoffes bezogen angegeben.

3.4

Explosionswärme

bei der chemischen Reaktion des Explosivstoffes freigesetzte Energie, wenn die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte die des Explosionszustandes mit konstantem Volumen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird üblicherweise auf die Masse des Explosivstoffes bezogen angegeben.

3.5

Hersteller

jede natürliche oder juristische Person, die einen Explosivstoff herstellt oder einen Explosivstoff entwickeln oder herstellen lässt und diesen Explosivstoff unter ihrem eigenen Namen oder ihrer eigenen Marke vermarktet oder für ihre eigenen Zwecke nutzt

3.6

spezifische Kraft

Druck, der von den Detonationsgasen unter der Annahme, dass sich die Gase wie ein ideales Gas verhalten, bei einem theoretischen spezifischen Volumen gleich eins ausgeübt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird als das Ergebnis nRT berechnet, wobei n die Molzahl der gasförmigen Detonationsprodukte je Volumeneinheit, R die universelle Gaskonstante und T die Explosionstemperatur ist.

3.7

Verwender

Person oder Gesellschaft, die die Explosivstoffe von einer anderen Person oder Gesellschaft für den Weitervertrieb, die Beistellung oder die Verwendung erhält

4 Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten der benannten Stelle zur Verfügung zu stellen sind

4.1 Verwendungsfrist

Der Hersteller muss eine Verwendungsfrist in Übereinstimmung mit 5.2.3 angeben.

Der Hersteller muss Hintergrundinformationen zur angegebenen Verwendungsfrist zur Verfügung stellen, die den angegebenen Zeitraum belegen. Bei diesen Hintergrundinformationen kann es sich um wissenschaftliche Erkenntnisse oder um Ergebnisse aus der beschleunigten Alterung des Explosivstoffs oder der tatsächlichen Lagerung des Explosivstoffs für den angegebenen Zeitraum und von Prüfungen handeln, die für den Nachweis der Sicherheit und Zuverlässigkeit bis zum Ende der Lagerungsdauer durchgeführt wurden.

4.2 Chemische Reinheit

Im Falle von Explosivstoffen, die aus nur einer chemischen Verbindung bestehen und für die Verwendung als solche vorgesehen sind, muss der Hersteller angeben, welches Analyseverfahren zur Bestimmung des anteilmäßigen Gehalts der betreffenden Verbindung angewendet wurde und nach welchem Verfahren die übrigen Substanzen quantifiziert werden können.

5 Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten dem Verwender zur Verfügung zu stellen sind

5.1 Allgemeines

Die Informationen, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten dem Verwender zur Verfügung zu stellen sind, müssen Folgendes umfassen:

- allgemeine Informationen zu Explosivstoffen für zivile Zwecke (siehe 5.2); und
- zusätzliche Informationen zu jeder Produktgruppe (siehe 5.3 bis 5.6).

ANMERKUNG Die nationalen Vorschriften können die Angabe zusätzlicher Informationen fordern.

5.2 Allgemeine Informationen zu Explosivstoffen für zivile Zwecke

5.2.1 Informationen über die Eignung von Explosivstoffen für die Verwendung unter speziellen Bedingungen

Wenn der Explosivstoff unter speziellen Bedingungen (z. B. im untertägigen Bergbau, in Anwesenheit von entzündungsfähigen Atmosphären, oder Kohlenstaub) oder sogar nur unter besonderen Bedingungen verwendet werden darf, muss dies angegeben werden.

Je nachdem, was zutrifft, sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen und anzugeben:

- ob empfohlen wird, den Explosivstoff ausschließlich über Tage zu verwenden;
- ob der Explosivstoff für die Verwendung an Orten geeignet ist, an denen Gefahr durch brennbare Staubwolken und/oder brennbare Gase besteht;
- der Bereich der Drücke, bei denen der Explosivstoff verwendet werden darf;
- ob der Explosivstoff für die Verwendung in feuchten Atmosphären oder in einer Umgebung mit hoher Luftfeuchte geeignet ist;
- ob der Explosivstoff für die Verwendung unter Wasser geeignet ist und gegebenenfalls bis zu welchem hydrostatischen Druck;
- ob der Explosivstoff ausschließlich für die Weiterverarbeitung ausgelegt ist.

Als Reaktionsprodukte von Explosivstoffen entstehende giftige Brandgase können unter Laborbedingungen in einem genormten Versuchsaufbau bestimmt werden. Diese Ergebnisse können bei der Beurteilung der Eignung eines Explosivstoffs für die Verwendung in einem umschlossenen Bereich (z. B. untertägige Bergwerke) von Nutzen sein. Ein Verfahren, das die reproduzierbare und vergleichbare Bestimmung von Reaktionsprodukten ermöglicht, ist in Anhang D angegeben.

ANMERKUNG Nationale Vorschriften können zusätzliche Genehmigungen durch eine nationale Behörde für die Verwendung bestimmter Produkte unter gewissen Bedingungen erfordern.

5.2.2 Informationen zum Bereich der Temperaturen, bei denen der Explosivstoff verwendet werden darf

Der Bereich der Temperaturen, bei denen der Explosivstoff verwendet werden darf, muss angegeben werden.

5.2.3 Informationen zur Verwendungsfrist

Eine Angabe, die die Verwendungsfrist des Explosivstoffs (das Datum, bis zu dem der Explosivstoff verwendet werden darf) angibt.

5.2.4 Informationen zur Lagerung

Der für die Lagerung geltende Temperaturbereich, dessen Einhaltung notwendig ist, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Explosivstoffs während dieses Zeitraums bis zum Ablauf der Verwendungsfrist garantieren zu können, muss angegeben werden.

Beispiele für die Angabe von Informationen zur Lagerung sind folgende:

- „Nicht bei Temperaturen über (unter) ... °C lagern“;

- „Nicht bei einer relativen Luftfeuchte über ... % lagern“;
- „Innerhalb eines Temperaturbereichs von ... und/oder innerhalb eines Luftfeuchtebereichs von ... lagern“.

5.2.5 Informationen zur Entsorgung

Der Hersteller muss Informationen dazu, wie mit nicht verwendeten Explosivstoffen und mit Explosivstoffen, die über die Verwendungsfrist hinaus gelagert wurden, umzugehen ist oder wie eine sichere Entsorgung des Explosivstoffs zu erreichen ist.

Beispiele für Informationen zur Entsorgung von Explosivstoffen sind die folgenden:

- „Explosive Stoffe in kleinen Mengen von ... g im offenen Feuer auf einem geeigneten dafür vorgesehenen Brandplatz verbrennen.“;
- „Nicht verwendete Explosivstoffe sind an den Hersteller zurückzusenden.“.

ANMERKUNG Nationale Vorschriften können spezielle Vorgehensweisen für die Entsorgung von Explosivstoffen verlangen.

5.3 Zusätzliche Informationen über Explosivstoffe

5.3.1 Informationen über die physikalische Form und die Maße

Im Falle von losen Sprengstoffen oder Explosivstoffen, die für eine Verwendung als Substanz vorgesehen sind, muss der Hersteller die physikalische Form als Feststoff oder Flüssigkeit angeben. Die physikalische Form darf darüber hinaus als z. B. pastös, Granulat, Pulver oder konsolidiert angegeben werden.

Im Falle von losen Sprengstoffen oder Explosivstoffen, die für eine Verwendung als Substanz, nicht aber für die Weiterverarbeitung vorgesehen sind, muss der Hersteller die folgenden Maße festlegen, deren Einhaltung für eine sichere Funktionsweise notwendig ist:

- den Minstdurchmesser des Explosivstoffs, in Millimeter; oder
- die Mindestschichtdicke des Explosivstoffs, in Millimeter.

5.3.2 Informationen über die Zündweise

Der Hersteller muss eine Zündweise festlegen, die einzuhalten ist, um den Explosivstoff sicher zu zünden, es sei denn, der Explosivstoff wurde vom Hersteller ausschließlich für die Weiterverarbeitung ausgelegt oder festgelegt; in diesem Fall sind derartige Informationen nicht erforderlich.

Beispiele für Informationen über die Zündweise sind die folgenden:

- „Für eine zuverlässige Zündung muss ein Zünder mit einer äquivalenten Zündstärke von mindestens ... verwendet werden.“;
- „Für eine zuverlässige Zündung muss eine Sprengschnur mit einer äquivalenten Zündstärke von mindestens ... verwendet werden.“;
- „Für eine zuverlässige Zündung muss eine Verstärkungsladung mit einer äquivalenten Zündstärke von mindestens ... verwendet werden.“.

5.3.3 Informationen über die Ladebedingungen

Falls der Explosivstoff für mechanisches Laden ausgelegt ist, muss dies angegeben werden, und die anwendbaren Bedingungen müssen als Grenzwerte angegeben werden.

Beispiele für Informationen zu den Ladebedingungen sind die folgenden:

- ein Verfahren oder eine Vorgehensweise, das bzw. die für das sichere Laden oder Einpumpen der Explosivstoffe empfohlen wird;
- der Höchstdruck für das pneumatische Laden/Einpumpen des Explosivstoffs, in MPa (nur bei losen Sprengstoffen).

5.3.4 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen

Falls der Explosivstoff für die Verwendung unter nassen Bedingungen nach prEN 13631-1:2021, 4.4 ausgelegt ist, muss dies angegeben werden.

Beispiele für Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen sind die folgenden:

- „Geeignet für die Verwendung in feuchter Atmosphäre für ... h“;
- „Geeignet für die Verwendung unter Wasser bis zu einer Wassertiefe von 20 cm für ... h“.

5.3.5 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen

Falls der Explosivstoff für die Verwendung unter extremen Temperaturen¹ ausgelegt ist, muss das angegeben werden. Falls die Dauer, für die der Explosivstoff bei einer bestimmten Temperatur verwendet werden darf, begrenzt ist, müssen diese Informationen ebenfalls, sofern notwendig, für verschiedene Temperaturwerte angegeben werden.

Beispiele für Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen sind die folgenden:

- „Geeignet für die Verwendung bis zu einer Höchsttemperatur von ... °C für ... min (oder h oder d)“;
- „Geeignet für die Verwendung bis zu einer Tiefsttemperatur von ... °C für ... min (oder h oder d)“.

5.3.6 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter hydrostatischem Druck

Falls der Explosivstoff für die Verwendung unter hydrostatischem Druck nach prEN 13631-1:2021, 4.5 ausgelegt ist, muss dies angegeben werden.

Ein Beispiel für Informationen über die Eignung für die Verwendung unter hydrostatischem Druck ist das Folgende:

- „Geeignet für die Verwendung bei einem maximalen hydrostatischen Druck von ... MPa für ... min (oder h oder d)“.

¹ Siehe auch die Definition in prEN 13857-1:2021.

5.3.7 Informationen über charakteristische Eigenschaften

Lose Sprengstoffe müssen anhand der folgenden Informationen beschrieben werden:

- die Dichte, falls der Explosivstoff zur Verwendung bereit ist, oder ein Dichtebereich;
- die Detonationsgeschwindigkeit.

Der Explosivstoff darf darüber hinaus durch Folgendes beschrieben werden:

- Berechnung von Detonationseigenschaften und thermodynamischen Eigenschaften. Ein Verfahren für diese Berechnungen wird in Anhang A vorgeschlagen. In Anhang B ist eine Beispielrechnung enthalten.

5.3.8 Informationen über die chemische Reinheit

Explosivstoffe, die aus einer einzigen chemischen Verbindung bestehen und für die Verwendung als Substanz vorgesehen sind, müssen mit Informationen über den Relativgehalt an dieser Verbindung gekennzeichnet sein und mit Informationen darüber bereitgestellt werden, woraus das übrige Material besteht.

Beispiele für derartige Informationen sind:

- „mindestens 95 % TNT, übrige Bestandteile Rückstände von RDX und HMX“;
- „99,5 % RDX, 0,5 % Fließmittel (inert)“.

5.3.9 Sicherheitswarnhinweise

Falls die Reibempfindlichkeit und die Schlagempfindlichkeit unter den in prEN 13631-1:2021, 4.2 und 4.3 angegebenen Werten liegen, muss der Hersteller oder sein Bevollmächtigter dem Verwender Sicherheitswarnhinweise zur Verfügung stellen. Beispiele für derartige Informationen sind:

- „WARNUNG: Reibempfindlicher Explosivstoff; Reibung ist bei allen Schritten der Handhabung zu vermeiden – ist das nicht möglich, so sind unbemannte Arbeitsabläufe zu fordern und Vorkehrungen für eine mögliche Reaktion zu treffen.“, und
- „WARNUNG: Schlagempfindlicher Explosivstoff; Schlag, Stoß und mechanische Einwirkungen sind bei allen Schritten der Handhabung zu vermeiden – ist das nicht möglich, so sind unbemannte Arbeitsabläufe zu fordern und Vorkehrungen für eine mögliche Reaktion zu treffen.“.

5.4 Zusätzliche Informationen über Sprengschnüre, Sicherheitsanzündschnüre und nicht mit Zündern verbundene Zündschläuche

5.4.1 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen

Falls der Explosivstoff für die Verwendung unter nassen oder feuchten Bedingungen ausgelegt ist, muss das angegeben werden.

Beispiele für Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen sind die folgenden:

- „Geeignet für die Verwendung unter Wasser bis zu einem maximalen hydrostatischen Druck von ... MPa für ... h“;
- „Geeignet für die Verwendung in nassen Laderäumen, in die Explosivstoff zu füllen sind, sofern offene Enden der Sprengschnur/Sicherheitsanzündschnur gegen das Eindringen von Wasser geschützt sind“.

5.4.2 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen

Falls der Explosivstoff für die Verwendung unter extremen Temperaturen **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ausgelegt ist, muss das angegeben werden. Falls die Dauer, für die der Explosivstoff bei einer bestimmten Temperatur verwendet werden darf, begrenzt ist, müssen diese Informationen ebenfalls, sofern notwendig, für verschiedene Temperaturwerte angegeben werden.

Beispiele für Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen sind die folgenden:

- „Geeignet für die Verwendung bis zu einer Höchsttemperatur von ... °C für ... min (oder h oder d)“;
- „Geeignet für die Verwendung bis zu einer Tiefsttemperatur von ... °C für ... min (oder h oder d)“.

5.4.3 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei erhöhtem hydrostatischen Druck

Falls der Explosivstoff für die Verwendung unter hydrostatischem Druck ausgelegt ist, muss das angegeben werden.

Ein Beispiel für Informationen über die Eignung für die Verwendung unter erhöhtem Druck ist das Folgende:

- „Geeignet für die Verwendung bei einem maximalen statischen Druck von ... MPa für ... min (oder h oder d)“.

5.4.4 Informationen über das Verbinden einer Sprengschnur mit Sprengstoff oder mit einer anderen Sprengschnur

Falls der Hersteller das Verbinden einer Sprengschnur mit anderen Explosivstoffen nicht vorgesehen hat, muss dies angegeben werden. Im umgekehrten Fall muss der Hersteller die Bedingungen angeben, unter denen die Sprengschnur mit einem Sprengstoff oder einer anderen Sprengschnur verbunden werden darf.

Beispiele für Informationen über das Verbinden einer Sprengschnur mit Sprengstoff oder mit einer anderen Sprengschnur sind die folgenden:

- die Mindestlänge der Überlappung verschiedener Sprengschnurstücke, in Millimeter;
- der Mindestabstand zwischen jeder Abzweigung, in Meter.

Weitere Beispiele für Informationen über Sprengschnüre für besondere Verwendungen sind:

- Informationen über die Verwendung von Sprengschnüren mit einem geringen Explosivstoffgewicht, in g/m, wenn sie ausschließlich für die Verwendung als Leitschnüre vorgesehen sind, und
- Informationen über die Verwendung von Sprengschnüren mit einem hohen Explosivstoffgewicht, in g/m, wenn sie für die Verwendung als Sprengstoff vorgesehen sind.

5.4.5 Informationen über charakteristische Eigenschaften

Eigenschaften der Zündschnur, der Sicherheitsanzündschnur oder des Zündschlauchs, die für den Verwender in spezifischen Anwendungsfällen von Interesse sind, müssen angegeben werden.

Beispiele für Informationen über charakteristische Eigenschaften sind die folgenden:

- das Explosivstoff-Nenngewicht in Gramm je Meter (nur bei Zündschnüren);
- die Nenn-Detonationsgeschwindigkeit in Meter je Sekunde (nur bei Zündschnüren);

- die Nenn-Brenndauer in Sekunden je Meter (nur bei Sicherheitsanzündschnüren);
- die Nenn-Stoßwellengeschwindigkeit in Meter je Sekunde (nur bei Zündschläuchen).

5.5 Zusätzliche Informationen über Zünder und Verzögerungselemente

5.5.1 Informationen über Einrichtungen und Zubehör für die zuverlässige und sichere Funktion des Zünders oder Verzögerungselements

Informationen über Einrichtungen und Zubehör für die zuverlässige und sichere Funktion des Zünders oder Verzögerungselements müssen angegeben werden.

Ein Beispiel für Informationen über Einrichtungen und Zubehör für die zuverlässige und sichere Funktion des Zünders oder Verzögerungselement ist das Folgende:

- Art und Leistungsfähigkeit aller Einrichtungen und des Zubehörs, die für die zuverlässige und sichere Funktion unbedingt erforderlich sind.

5.5.2 Informationen über die Zündfähigkeit des Zünders

Informationen über die Zündfähigkeit des Zünders müssen angegeben werden.

Ein Beispiel für Informationen über die Zündfähigkeit des Zünders ist das Folgende:

- „Zündfähigkeit gleichwertig der des Norm-Referenzzünders Nr. ...“.

5.5.3 Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen (falls anwendbar)

Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen müssen angegeben werden.

Ein Beispiel für Informationen über die Eignung für die Verwendung unter nassen Bedingungen ist das Folgende:

- „Geeignet für die Verwendung unter Wasser bis zu einem maximalen hydrostatischen Druck von ... MPa für ... h“.

5.5.4 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen (falls anwendbar)

Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen müssen angegeben werden.

Beispiele für Informationen über die Eignung für die Verwendung bei hohen und niedrigen Temperaturen sind die folgenden:

- „Geeignet für die Verwendung bis zu einer Höchsttemperatur von ...°C für ... min (oder h oder d)“;
- „Geeignet für die Verwendung bis zu einer Tiefsttemperatur von ...°C für ... min (oder h oder d)“.

5.5.5 Informationen über die Eignung für die Verwendung bei erhöhten Drücken (falls anwendbar)

Informationen über die Eignung für die Verwendung bei erhöhten Drücken müssen angegeben werden.

Ein Beispiel für Informationen über die Eignung für die Verwendung bei erhöhten Drücken ist das Folgende:

- „Geeignet für die Verwendung bei einem maximalen statischen Druck von ... MPa für ... min (oder h oder d)“.

5.5.6 Informationen über die Verzögerungscharakteristiken

Informationen über die Verzögerungscharakteristiken müssen angegeben werden.

Ein Beispiel für Informationen über die Verzögerungscharakteristiken von elektrischen Zündern, nicht-elektrischen Zündern, Oberflächenverbindern und Sprengschnurverzögerern mit pyrotechnischen Verzögerungselementen ist das Folgende:

— „die Zeitstufe und die angegebene Verzögerungszeit in Millisekunden“.

Informationen zur theoretischen Überprüfung von Oberflächenverzögerungssystemen werden in Anhang C gegeben.

Bei elektronischen Zündsystemen müssen die Informationen zur Verzögerungspräzision Tabelle 1 entsprechend angegeben werden. Siehe die Beispiele in Anhang E.

Tabelle 1 — Informationen zur Verzögerungspräzision von elektronischen Zündsystemen

Verzögerungs- bereich ms	Mögliche Schrittweite des Systems ms	Empfohlene Schrittweite ms	Verzögerungs- präzision	Temperatur- bereich °C	Kalibrierung

5.5.7 Informationen über die elektrischen Eigenschaften von elektrischen Zündern

Informationen über die elektrischen Eigenschaften von elektrischen Zündern müssen angegeben werden.

Beispiele für Informationen über die elektrischen Eigenschaften von elektrischen Zündern sind die folgenden:

- der Serienzündstrom in Ampere;
- der Zündimpuls (sichere Zündung) in Millijoule je Ohm;
- der Nichtansprechstrom in Ampere;
- der Zündimpuls (Nichtzündung) in Millijoule je Ohm;
- der Gesamtwiderstand in Ohm einschließlich der Zünderdrähte;
- der Brückenwiderstand in Ohm;
- die maximale Spannung für den Zündkreis.

5.5.8 Informationen über charakteristische Eigenschaften von nicht-elektrischen Zündern

Informationen über die elektrischen Eigenschaften von nicht-elektrischen Zündern müssen angegeben werden.

Beispiele für Informationen über die charakteristischen Eigenschaften von nicht-elektrischen Zündern sind die folgenden:

- die Länge des Zündschlauches in Meter;
- die Nennverzögerungszeit in Millisekunden;
- die maximale Abweichung von der angegebenen Verzögerungszeit in Millisekunden;
- die Nenn-Reaktionsgeschwindigkeit des Zündschlauches in Meter je Sekunde.

5.5.9 Informationen über das Verbinden von Zündern oder Verzögerungselementen mit einer Sprungschnur oder mit Sprengstoffen

Informationen über das Verbinden von Zündern oder Verzögerungselementen mit einer Sprungschnur oder mit Sprengstoffen müssen angegeben werden.

Beispiele für die Informationen über das Verbinden von Zündern oder Verzögerungselementen mit einer Sprungschnur oder mit Sprengstoffen sind die folgenden:

- die Mindestlänge der Überlappung zwischen Zünder und Sprengschnur in Millimeter;
- die maximale Anzahl an Zündschläuchen, die in einem Oberflächenverbinder miteinander verbunden werden dürfen.

ANMERKUNG Diese Informationen sind nur dann erforderlich, wenn die Art der Verbindung Einfluss auf die sichere Funktion des Systems hat.

5.6 Zusätzliche Informationen über Treibmittel

Beispiele für zusätzliche Informationen über Treibmittel sind die folgenden:

- die Art des Treibmittels;
- die Form;
- die Korngröße;
- die Schüttdichte;
- die Abbrandgeschwindigkeit bei Umgebungsbedingungen und die Reaktionsgeschwindigkeit.

5.7 Zusätzliche Informationen über elektronische Zündsysteme

5.7.1 Informationen über die Widerstandsfähigkeit von elektronischen Zündsystemen gegen dynamischen Druck

Der Hersteller muss Informationen über die Widerstandsfähigkeit gegen dynamischen Druck zur Verfügung stellen.

Ein Beispiel für Informationen über den dynamischen Druck ist das Folgende:

- Bei Verwendung des Referenzzünders mit der Bezeichnung Zünder Nr. 4 als Geber bleibt der Zünder X bei der Prüfung unter Wasser in einem Abstand von ... mm im Rahmen der dynamischen Druckprüfung nach CEN/TS 13763-27:2003 funktionstüchtig.

Anhang A (informativ)

Verfahren zur Berechnung der Detonationseigenschaften im Explosionszustand mit konstantem Volumen

A.1 Allgemeines

In diesem Anhang wird ein Verfahren zur Berechnung der Detonationseigenschaften im Explosionszustand mit konstantem Volumen und einiger daraus abgeleiteter Parameter festgelegt.

A.2 Berechnungsverfahren

A.2.1 Thermodynamische Daten und Funktionen

A.2.1.1 Allgemeines

Die benötigten thermodynamischen Eigenschaften beziehen sich sowohl auf die Komponenten des Explosivstoffs als auch auf die Detonationsprodukte.

A.2.1.2 Komponenten des Explosivstoffs

Für jede Komponente sind die folgenden Daten erforderlich:

- die Summen- oder Verhältnisformel;
- Bildungsenergie.

In Tabelle A.1 sind diese Werte für einige Komponenten von Explosivstoffen angegeben. Wenn der pyrotechnische Satz eine oder mehrere Komponenten enthält, die nicht in einer solchen Tabelle angegeben sind, sollten die maßgebenden Werte aus anderer Quelle bezogen werden, z. B. aus einer thermochemischen Datenquelle. In diesem Fall sollten die verwendeten Werte und die genutzte Quelle dokumentiert werden.

Tabelle A.1 — Komponenten von Explosivstoffen

Name	Abkürzung	Summen- oder Verhältnisformel	ΔE_f^{298} kJ/kg	Verweisung
Aluminium	Al	Al	0	—
Ammoniumchlorid		ClH ₄ N	–5 739	[1]
Ammoniumnitrat	AN	H ₄ N ₂ O ₃	–4 428	[1]
Ammoniumperchlorat	AP	ClH ₄ NO ₄	–2 412	[1]
Calciumcarbonat		CCaO ₃	–12 022	[1]
Calciumnitrat		CaN ₂ O ₆	–5 657	[1]
Calciumstearat		C ₃₆ H ₇₀ CaO ₄	–4 416	[1]

Name	Abkürzung	Summen- oder Verhältnisformel	ΔE_f^{298} kJ/kg	Verweisung
Kohlenstoff, Graphit		C	0	—
Cellulose		C ₆ H ₁₀ O ₅	–5 670	[2]
2,4-Dinitrotoluol	DNT 2,4	C ₇ H ₆ N ₂ O ₄	–292,8	[1]
2,6-Dinitrotoluol	DNT 2,6	C ₇ H ₆ N ₂ O ₄	–159,5	[1]
Ethylendiamindinitrat	EDDN	C ₂ H ₁₀ N ₄ O ₆	–3 378	[1]
Glycol		C ₂ H ₆ O ₂	–7 177	[1]
Guaran		C _{37,26} H _{55,89} O _{31,05}	–6 900	[1]
Hexanitrostilben	HNS	C ₁₄ H ₆ N ₆ O ₁₂	239,8	[1]
Hexogen, Cyclonit	RDX	C ₃ H ₆ N ₆ O ₆	401,8	[1]
Methylammoniumnitrat	MAN	CH ₆ N ₂ O ₃	–3 604	[1]
Cellulosenitrat 11,5 % N	NC11,5	C ₆₀₀₀ H ₇₈₉₀ N ₂₁₁₁ O ₉₂₂₂	–2 793	[1]
Cellulosenitrat 12,0 % N	NC12,0	C ₆₀₀₀ H ₇₇₃₉ N ₂₂₆₁ O ₉₅₂₀	–2 663	[1]
Cellulosenitrat 12,5 % N	NC12,5	C ₆₀₀₀ H ₇₅₇₉ N ₂₄₁₆ O ₉₈₃₃	–2 534	[1]
Nitroglycerin	NG	C ₃ H ₅ N ₃ O ₉	–1 540	[1]
Glycoldinitrat	EGDN	C ₂ H ₄ N ₂ O ₆	–1 499	[1]
Nitroguanidin	NQ	CH ₄ N ₄ O ₂	–773,0	[1]
Nitromethan	NM	CH ₃ NO ₂	–1 731	[1]
Oktogen	HMX	C ₄ H ₈ N ₈ O ₈	353,6	[1]
Öl; Treiböl, Dieselöl		C ₁₆ H ₃₄	–1 828	[3]
Paraffin, fest; Wachs		C ₇₁ H ₁₄₈	–2 094	[1]
Nitropenta (Pentaerythryltetranitrat)	PETN	C ₅ H ₈ N ₄ O ₁₂	–1 611	[1]
Polyisobutylen	PIB	CH ₂	–1 386	[1]
Kaliumchlorat		ClKO ₃	–3 205	[3]
Kaliumnitrat		KNO ₃	–4 841	[1]
Kaliumsulfat		K ₂ O ₄ S	–8 222	[3]
Natriumchlorat		ClNaO ₃	–3 390	[3]
Natriumchlorid		ClNa	–7 013	[4]
Natriumnitrat		NNaO ₃	–5 447	[1]
Natriumperchlorat		ClNaO ₄	–3 080	[3]

Name	Abkürzung	Summen- oder Verhältnisformel	ΔE_f^{298} kJ/kg	Verweisung
Trinitrophenylmethylnitramin	Tetryl	$C_7H_5N_5O_8$	147,6	[1]
Trinitrotoluol	TNT	$C_7H_5N_3O_6$	–219,0	[1]
Harnstoff		CH_4N_2O	–5 403	[1]
Wasser (flüssig)		H_2O	–15 660	[4]
Holzstaub, Pflanzenmehl		$C_{41,7}H_{60,4}O_{27,4}$	–4 564	[1]
ANMERKUNG Die hier in Bezug genommenen Quellen sind in den Literaturhinweisen aufgeführt. In vielen Fällen wurden die inneren Bildungsenergien anhand der Werte der Bildungsenthalpie errechnet.				

A.2.2 Detonationsprodukte

Für die Detonationsberechnungen sind in jedem Falle die folgenden Daten zu Detonationsprodukten erforderlich:

- die Formel;
- die innere Bildungsenergie oder -enthalpie bei einer Bezugstemperatur, z. B. 298 K ($\Delta E_f^{298}, \Delta H_f^{298}$). In Tabelle A.2 sind diese Daten für einige Detonationsprodukte angegeben. Daten für andere Produkte dürfen aus anderen Quellen bezogen werden. In diesem Fall sollten die verwendeten Werte und die genutzte Quelle im Prüfbericht angegeben werden.

Tabelle A.2 — Detonationsprodukte

Name	Formel	ΔE_f^{298} kJ/mol	ΔH_f^{298} kJ/mol	Verweisung
Ammoniumhydroxid	H_3N	–43,42	–45,90	[4]
Aluminiumoxid (l)	Al_2O_3 (l)	–1 617	–1 621	[4]
Aluminiumoxid (s)	Al_2O_3 (s)	–1 672	–1 676	[4]
Calciumchlorid (l)	$CaCl_2$ (l)	–771,6	–774,1	[4]
Calciumchlorid (g)	$CaCl_2$ (g)	–471,5	–471,5	[4]
Calciumoxid (s)	CaO (s)	–633,8	–635,1	[4]
Kohlenstoff (s)	C	0	0	-
Kohlenstoffdioxid	CO_2	–393,8	–393,8	[1]
Kohlenstoffmonoxid	CO	–111,9	–110,6	[1]
Chlor	Cl_2	0	0	—
Wasserstoff	H_2	0	0	—
Chlorwasserstoff	ClH	–92,4	–92,4	[1]

Name	Formel	ΔE_f^{298} kJ/mol	ΔH_f^{298} kJ/mol	Verweisung
Eisen(III)-oxid (s)	Fe_2O_3 (s)	–821,8	–825,5	[4]
Magnesiumoxid (g)	MgO (g)	56,9	58,2	[4]
Magnesiumoxid (l)	MgO (l)	–531,4	–532,6	[4]
Magnesiumoxid (s)	MgO (s)	–600,0	–601,2	[4]
Methan	CH_4	–72,4	–74,9	[4]
Stickstoff	N_2	0	0	-
Stickstoffmonoxid	NO	90,3	90,3	[1]
Sauerstoff	O_2	0	0	-
Kaliumcarbonat (l)	CK_2O_3 (l)	–1 127	–1 131	[4]
Kaliumcarbonat (s)	CK_2O_3 (s)	–1 146	–1 150	[4]
Kaliumchlorid (g)	ClK (g)	–215,9	–214,7	[4]
Kaliumchlorid (l)	ClK (l)	–420,6	–421,8	[4]
Kaliumchlorid (s)	ClK (s)	–435,4	–436,7	[4]
Siliciumdioxid (l)	O_2Si (l)	–900,2	–902,7	[4]
Siliciumdioxid (s)	O_2Si (s)	–908,4	–910,9	[4]
Natriumcarbonat (l)	CNa_2O_3 (l)	–1 105	–1 109	[4]
Natriumcarbonat (s)	CNa_2O_3 (s)	–1 127	–1 131	[4]
Natriumchlorid (g)	ClNa (g)	–182,7	–181,4	[4]
Natriumchlorid (l)	ClNa (l)	–384,7	–385,9	[4]
Natriumsulfat (s)	$\text{Na}_2\text{O}_4\text{S}$ (s)	–1 382	–1 387	[3]
Wasser (g)	H_2O (g)	–240,6	–241,8	[4]

ANMERKUNG 1 (g), (l) und (s) zeigen den jeweiligen Aggregatzustand gasförmig, flüssig (l für en: liquid) bzw. fest (se für en: solid) an. Falls kein Aggregatzustand angegeben ist, gelten die betreffenden Werte für das Gas.

ANMERKUNG 2 Die hier in Bezug genommenen Quellen sind in den Literaturhinweisen aufgeführt. In vielen Fällen wurden die inneren Bildungsenergien anhand der Werte der Bildungsenthalpie errechnet.

- Die innere Energie oder Enthalpie in Abhängigkeit von der Temperatur; die Daten können [1], [4] und anderen Quellen entnommen werden; üblicherweise werden polynomielle Anpassungen angewendet; die Quelle der verwendeten Daten sollte dokumentiert werden.

Je nach dem von den Elementen des pyrotechnischen Satzes abhängigen Bedarf sollten mindestens die in Tabelle A.2 aufgeführten Detonationsprodukte betrachtet werden. Es dürfen auch andere Detonationsprodukte einbezogen werden. Die verwendeten Detonationsprodukte sollten dokumentiert werden.

Für die Berechnung der Gleichgewichtszusammensetzung durch Minimierung der freien Energie der Produkte ist Folgendes ebenfalls erforderlich, um ein chemisches Potential aufzubauen:

— die Entropiekonstante oder die Entropie bei einer bestimmten Temperatur.

Anhand dieser grundlegenden Angaben können die folgenden idealen thermodynamischen Funktionen aufgestellt werden; als Bezugszustand wird der Zustand von Elementen angesetzt, die bei 298 K und atmosphärischem Druck stabil sind:

Innere Energie

Für Gase gilt:

$$E_i(T) = E_{fi}^{298} +$$

Dabei ist

T die absolute Temperatur.

Für kondensierte Substanzen gilt:

$$E_i(T) = H_{fi}^{298} +$$

Chemisches Potential:

$$\mu_i^0(T) = H_{fi}^{298} +$$

Entropie:

$$S_i(T) = \int \frac{c_{pi}}{T} dT + S_{ci}$$

Dabei ist

S_{ci} die Integrationskonstante für Entropie, ein Wert.

Die molaren Wärmen $(H^T - H^{298})_i$ werden üblicherweise als Polynome von T angegeben oder durch Integration der Wärmekapazitäten c_{pi} berechnet (die ebenfalls als Polynome von T angegeben werden).

A.2.3 Zustandsgleichungen

A.2.3.1 Gase

A.2.3.1.1 Allgemeines

Um die thermodynamischen Funktionen berechnen zu können, ist eine geeignete Zustandsgleichung (en: equation of state, EOS) für die Detonationsprodukte erforderlich.

Die folgenden EOS können verwendet werden:

- BKW;
- H9.

A.2.3.1.2 BKW-Zustandsgleichung

Die BKW-EOS hat folgende Form:

$$\frac{Pv}{RT} = \sigma(X) = 1 + Xe^{\beta X}$$

Dabei ist

β eine Konstante;

X gegeben durch $X = \frac{\kappa \sum x_i k_i}{v}$.

Dabei ist bzw. sind

v das molare Gasvolumen;

κ, α und θ empirische Konstanten;

k_i das Co-Volumen der i -ten Substanz und x_i deren Molfraktion.

Tabelle A.3 enthält BKW-Konstanten und Co-Volumina für mehrere Gase, die [5] entnommen wurden. Weitere Daten dürfen aus [6] entnommen werden.

Es dürfen auch andere Parameterwerte verwendet werden, die dann im Prüfbericht angegeben werden müssen.

Tabelle A.3 — Parameter und Co-Volumina für die BKW- und H9-Zustandsgleichungen

		BKW ^a	H9
Konstanten			
α		0,5	
β		0,298	
θ	[K]	6 620	
κ	[cm ³ K ^{α} /mol]	10,50	
κ			$6,35 \times 10^{-5}$
Co-Volumina			
Ammoniumhydroxid	H ₃ N	418	0
Calciumchlorid	Cl ₂ Ca	3 180	
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	663	12,5
Kohlenstoffmonoxid	CO	614	6
Chlor	Cl ₂	872	
Wasserstoff	H ₂	153	0,6
Chlorwasserstoff	ClH	570	
Magnesiumoxid	MgO	938	

		BKW ^a	H9
Methan	CH ₄	493	
Stickstoff	N ₂	376	8,7
Stickstoffmonoxid	NO	394	6
Sauerstoff	O ₂	316	9,9
Kaliumchlorid	ClK	1 810	
Natriumchlorid	ClNa	2 070	5
Wasser	H ₂ O	376	6,5
^a Satz der BKW-S-Parameter			

A.2.3.1.3 H9-Zustandsgleichung

Die H9-Zustandsgleichung hat folgende Form:

$$\frac{P_v}{RT} = \sigma(X) = 1 + X \frac{d\Phi(X)}{dX}$$

Dabei ist

$$\Phi(X) = X + 0,625 \frac{X^2}{2} + 0,287 \frac{X^3}{3} - 0,093 \frac{X^4}{4} + 0,0014 \frac{X^5}{5}$$

Somit gilt:

$$\frac{P_v}{RT} = \sigma(X) = 1 + X + 0,625X^2 + 0,287X^3 - 0,093X^4 + 0,0014X^5$$

mit

$$X = \frac{\Omega}{vT^{0.33}}; \Omega = \kappa \sum x_i l_i; l_i = 2,5736 \cdot \frac{N_0}{\kappa} \cdot \sigma_i^3 \left(\frac{\varepsilon_i}{k} \right)^{1/3}$$

Dabei ist

- κ konstant mit $\kappa = 6,35 \times 10^{-5}$;
- x_i die Molfraktion der Substanz i ;
- l_i das Co-Volumen von Substanz i ($\text{m}^3 \text{K}^{1/3} \text{mol}^{-1}$);
- N_0 die Avogadro-Zahl;
- $\sigma_i(m)$ der Moleküldurchmesser;
- ε_i/k die molekulare potentielle Bohrlochtiefe (K).

Tabelle A.3 enthält die Werte von κ und die der Co-Volumina für einige Substanzen.

A.2.3.2 Kondensatphasen

Explosivstoffe für zivile Zwecke weisen im Allgemeinen eine nahezu ausgeglichene Sauerstoffbilanz auf, so dass in Detonationszuständen kleine Mengen an Graphit gebildet werden. Wenn die Menge der kondensierten Substanzen nicht zu groß ist, können sie, ohne einen erheblichen Fehler einzuführen, als nicht komprimierbar angesehen werden.

Wird bei kondensierten Produkten eine Zustandsgleichung angewendet, so sollte diese in Verbindung mit dem Prüfergebnis angegeben werden.

A.2.3.3 Gleichgewichtsberechnungen

Für die Bestimmung der Produktzusammensetzung sollte eine Minimierung der gesamten freien Energie der Produkte angewendet werden. Die Gleichgewichtszusammensetzung eines Systems mit festgelegter Temperatur und festgelegtem Volumen ist dadurch gekennzeichnet, dass sie die gesamte freie Helmholtz-Energie auf ein Mindestmaß verringert.

Bei der Betrachtung von nicht komprimierbaren Kondensatphasen beträgt die gesamte freie Energie:

$$F = \sum_{i \text{ gas}} n_i (\mu_i^0 - RT) + RT \sum_{i \text{ gas}} n_i \ln n_i + n_g RT \ln \frac{RT}{P_0 v} + F_{imp} + \sum_{i \text{ cond}} n_i \mu_i^0 \quad (1)$$

Dabei ist:

- n_i Mol der i -ten Substanz je Kilogramm des Gemischs;
- n_g die Gesamtmolzahl der Gase je Kilogramm des Gemischs;
- μ_i^0 das chemische Potential der Substanz i ;
- R die universelle Gaskonstante;
- T die absolute Temperatur;
- P_0 der Bezugsdruck ($P_0 = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$);
- V das spezifische Volumen der Gasphase;
- F_{imp} der Term zur Berücksichtigung der Imperfektion.

Bei Anwendung von BKW-EOS gilt:

$$(F_{imp})_{BKW} = n_g RT \frac{e^{\beta X} - 1}{\beta}$$

Bei Anwendung von H9-EOS gilt:

$$(F_{imp})_{H9} = n_g RT \left(X + 0,625 \frac{X^2}{2} + 0,287 \frac{X^3}{3} - 0,093 \frac{X^4}{4} + 0,0014 \frac{X^5}{5} \right)$$

Wird davon ausgegangen, dass chemische Substanzen nur entweder in der Gas- oder der Kondensatphase, nicht in beiden, vorliegen, so sind keine Phasengleichgewichtsbedingungen notwendig. Der Mindestwert von (1), der auf den Erhalt der atomaren Substanz beschränkt ist, ergibt die Gleichgewichtszusammensetzung des Gemischs, d. h. n_i .