

DIN EN 13763-27



ICS 71.100.30

Entwurf

Einsprüche bis 2021-12-22
Vorgesehen als Ersatz für
DIN CEN/TS 13763-27:2003-11

**Explosivstoffe für zivile Zwecke –
Zünder und Verzögerungselemente –
Teil 27: Definitionen, Verfahren und Anforderungen für elektronische
Zündsysteme;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13763-27:2021**

Explosives for civil uses –
Detonators and detonating cord relays –
Part 27: Risk analysis and test methods for electronic initiation systems;
German and English version prEN 13763-27:2021

Explosifs à usage civil –
Détonateurs et relais –
Partie 27: Définitions, méthodes et exigences relatives aux systèmes d'amorçage électronique;
Version allemande et anglaise prEN 13763-27:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-10-22 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 Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 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 137 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13763-27:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 321 „Explosivstoffe für zivile Zwecke“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNE (Spanien) gehalten wird.

Das zuständige nationale 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:

ISO 2859-1:1999 siehe DIN ISO 2859-1

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 CEN/TS 13763-27:2003-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das dritte Element im Titel dieses Teils von EN 13763 wurde von „Teil 27: Definitionen, Verfahren und Anforderungen an elektronische Zündsysteme“ in „Teil 27: Risikoanalyse und Prüfverfahren für elektronische Zündsysteme“ geändert;
- b) die Technische Spezifikation CEN/TS 13763-27 wurde in eine Europäische Norm prEN 13763-27 umgewandelt;
- c) Abschnitt 1, *Anwendungsbereich*, wurde verdeutlicht;
- d) in Abschnitt 2, *Normative Verweisungen*, wurden die Verweisungen aktualisiert;
- e) in Abschnitt 3, *Begriffe*, aktualisiert;
- f) in Abschnitt 4, *Risikoanalyse*, 4.1 *Allgemeines*, besagt das Dokument, dass es Aufgabe des Herstellers ist, die Risikoanalyse durchzuführen;
- g) in 4.2, *Risikoanalyse, Identifizierung von Eigenschaften in Zusammenhang mit elektronischen Zündsystemen*, wurden einige Fragen und Beispiele verdeutlicht;
- h) in 4.5.2.5, *Risikoanalyse*, wurde „Maximale Kapazität“ hinzugefügt;
- i) in 4.5.4, *Risikoanalyse*, wurde „Anwenderhandbuch“ nach prEN 13857-3 verschoben;
- j) in 4.5.5 wurden die Prüfverfahren, die auf Normen für Zünder, Zündmaschinen, Prüfeinrichtungen und Widerstandsmessgeräte Bezug nehmen, gestrichen und die Anforderungen wurden nach prEN 13763-1:2021 verschoben;

- k) 4.10, *Prüfbericht*, war zuvor Abschnitt 5 (Prüfbericht);
- l) Abschnitt 5, *Prüfverfahren für elektronische Zünder und elektronische Zündsysteme*, wurde aufgenommen und enthält neue Prüfverfahren;
- m) der frühere Anhang C, *Vorschläge für den Ersatz von Zünderglühbrücken (Zünderdummys)*, wurde gestrichen;
- n) der frühere Abschnitt 4.5.6.5, *Prüfung der Zünderfunktionstüchtigkeit*, und der frühere Abschnitt 4.5.6.6, *Prüfung der Funktionstüchtigkeit des Systems*, wurden aktualisiert und in Anhang C, *Funktionsprüfung*, verschoben;
- o) Anhang D, *Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen dynamischen Druck*, wurde gestrichen, Anhang D beschäftigt sich nun mit dem Versagen bei dynamischem Druck und in 5.3 wird nun die Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen dynamischen Druck behandelt;
- p) Anhang ZA, *Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den wesentlichen Sicherheitsanforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/28/EU über die Bereitstellung auf dem Markt und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke*, wurde hinzugefügt;
- q) redaktionelle Überarbeitung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 2859-1, *Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) — Teil 1: Nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) geordnete Stichprobenpläne für die Prüfung einer Serie von Losen*

<i>Titel de:</i>	Explosivstoffe für zivile Zwecke — Zünder und Verzögerungselemente — Teil 27: Definitionen, Verfahren und Anforderungen für elektronische Zündsysteme
<i>Titel en:</i>	Explosives for civil uses — Detonators and detonating cord relays — Part 27: Risk analysis and test methods for electronic initiation systems
<i>Titel fr:</i>	Explosifs à usage civil — Détonateurs et relais — Partie 27: Définitions, méthodes et exigences relatives aux systèmes d'amorçage électronique

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	6
Einleitung.....	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe.....	11
4 Risikoanalyse	14
4.1 Allgemeines.....	14
4.2 Identifizierung der Eigenschaften von elektronischen Zündsystemen.....	15
4.3 Identifizierung von Gefährdungen.....	18
4.4 Risikoeinschätzung.....	18
4.5 Annehmbarkeit von Risiken	18
4.5.1 Allgemeines.....	18
4.5.2 Bewertung der Funktionalität.....	19
4.5.3 Bewertung der Fehlzustandstoleranz.....	22
4.5.4 Bewertung des Entwurfs.....	23
4.6 Risikominderung.....	25
4.7 Erzeugen von anderen Gefährdungen.....	25
4.8 Bewertung aller identifizierten Gefährdungen.....	25
4.9 Überarbeitete Identifizierung von Gefährdungen.....	25
4.10 Prüfbericht.....	25
5 Prüfverfahren für elektronische Zünder und elektronische Zündsysteme.....	26
5.1 Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen elektrostatische Entladungen.....	26
5.1.1 Einleitung.....	26
5.1.2 Anwendungsbereich.....	26
5.1.3 Kurzbeschreibung.....	26
5.1.4 Prüfeinrichtung	26
5.1.5 Herstellung und Handhabung von Proben und Prüfstücken	27
5.1.6 Durchführung.....	27
5.1.7 Angabe der Ergebnisse.....	30
5.1.8 Prüfbericht.....	30
5.2 Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen Überspannung.....	30
5.2.1 Einleitung.....	30
5.2.2 Anwendungsbereich.....	30
5.2.3 Kurzbeschreibung.....	30
5.2.4 Prüfeinrichtung.....	31
5.2.5 Herstellung und Erhaltung von Proben und Prüfstücken.....	31
5.2.6 Durchführung.....	31
5.2.7 Angabe der Ergebnisse.....	32
5.2.8 Prüfbericht.....	32
5.3 Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen dynamischen Druck.....	32
5.3.1 Einleitung.....	32
5.3.2 Anwendungsbereich.....	32
5.3.3 Kurzbeschreibung.....	33
5.3.4 Prüfeinrichtung	33

5.3.5	Herstellung und Handhabung von Proben und Prüfstücken.....	33
5.3.6	Durchführung.....	37
5.3.7	Angabe der Ergebnisse.....	38
5.3.8	Prüfbericht.....	39
5.4	Bestimmung des Isolationswiderstandes zwischen freiliegenden leitenden Teilen von Zündmaschinen.....	39
5.4.1	Einleitung.....	39
5.4.2	Anwendungsbereich.....	39
5.4.3	Kurzbeschreibung.....	40
5.4.4	Prüfeinrichtung.....	40
5.4.5	Prüfstücke.....	40
5.4.6	Durchführung.....	40
5.4.7	Angabe der Ergebnisse.....	40
5.4.8	Prüfbericht.....	40
5.5	Bestimmung des Isolationswiderstandes zwischen freiliegenden leitenden Teilen von Zündkreisprüfern.....	40
5.5.1	Einleitung.....	40
5.5.2	Anwendungsbereich.....	40
5.5.3	Prüfstücke.....	40
5.5.4	Kurzbeschreibung.....	41
5.5.5	Prüfeinrichtung.....	41
5.5.6	Durchführung.....	41
5.5.7	Angabe der Ergebnisse.....	41
5.5.8	Prüfbericht.....	41
5.6	Prüfung von elektronischen Zündsystemen bei langsamen Temperaturwechseln.....	41
5.6.1	Einleitung.....	41
5.6.2	Anwendungsbereich.....	41
5.6.3	Prüfeinrichtung.....	41
5.6.4	Kurzbeschreibung.....	42
5.6.5	Prüfstücke.....	42
5.6.6	Durchführung.....	42
5.6.7	Angabe der Ergebnisse.....	42
5.6.8	Prüfbericht.....	42
5.7	Prüfung von elektronischen Zündsystemen bei schnellen Temperaturwechseln.....	43
5.7.1	Einleitung.....	43
5.7.2	Anwendungsbereich.....	43
5.7.3	Prüfeinrichtung.....	43
5.7.4	Kurzbeschreibung.....	43
5.7.5	Prüfstücke.....	43
5.7.6	Durchführung.....	43
5.7.7	Prüfbericht.....	44
5.8	Bestimmung der Verzögerungsgenauigkeit für elektronische Zündsysteme.....	44
5.8.1	Einleitung.....	44
5.8.2	Anwendungsbereich.....	44
5.8.3	Prüfeinrichtung.....	44
5.8.4	Kurzbeschreibung.....	44
5.8.5	Prüfstücke.....	45
5.8.6	Durchführung.....	45
5.8.7	Angabe der Ergebnisse.....	45
5.8.8	Prüfbericht.....	46
5.9	Bestimmung der elektromagnetischen Verträglichkeit von elektronischen Zündsystemen.....	46
5.9.1	Einleitung.....	46
5.9.2	Anwendungsbereich.....	46
5.9.3	Herstellung und Handhabung von Proben und Prüfstücken.....	47

5.9.4	Prüfeinrichtung	47
5.9.5	Durchführung	47
5.9.6	Angabe der Ergebnisse	48
5.9.7	Prüfbericht	49
5.10	Klimatische und mechanische Prüfungen von elektronischen Zündsystemen	49
5.10.1	Einleitung für Zündmaschinen und Zündkreisprüfer	49
5.10.2	Prüfung bei hohen Temperaturen	49
5.10.3	Prüfung bei Temperaturwechseln	49
5.10.4	Prüfung mit feuchter Wärme (erster Zyklus)	49
5.10.5	Prüfung bei niedrigen Temperaturen	50
5.10.6	Prüfung mit feuchter Wärme (verbleibende fünf Zyklen)	50
5.10.7	Aufprallprüfung	50
5.10.8	Vibrationsprüfung	50
5.10.9	Fallprüfung	51
5.10.10	Prüfung mit feuchter Wärme, konstant	51
5.10.11	Eindringenschutzprüfungen für Zündmaschinen und Zündkreisprüfer	51
5.10.12	Prüfbericht	51
5.11	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit	52
5.11.1	Einleitung	52
5.11.2	Anwendungsbereich	52
5.11.3	Kurzbeschreibung	52
5.11.4	Prüfeinrichtung	52
5.11.5	Herstellung und Erhaltung von Proben und Prüfstücken	52
5.11.6	Durchführung	52
5.11.7	Angabe der Ergebnisse	53
5.11.8	Prüfbericht	53
Anhang A (informativ) Beispiele für Gefährdungen und Fehlzustände		54
A.1	Beispiele für Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse sowie Einflussfaktoren in Zusammenhang mit elektronischen Zündsystemen	54
A.2	Beispiele für Kombinationen, um zu erreichen, dass auch bei Vorliegen von zwei unabhängigen Fehlern keine unbeabsichtigte Zündung erfolgt (kritischer Fehler)	57
A.3	Beispiele für Aspekte der Zuverlässigkeit für elektronische Zündsysteme	58
Anhang B (informativ) Informationen zu Bewertungstechniken		60
B.1	Allgemeines	60
B.2	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)	60
B.3	Fehlzustandsbaumanalyse (FTA)	60
B.4	Prüfungen mit Fehlersimulation/Fehlereinspeisung	60
B.5	Funktionsprüfungen	60
B.6	Black-Box-Tests	60
B.7	Walk-through/Entwurfsüberprüfungen	60
B.8	Grenzwertanalyse	61
B.9	Kontrollflussanalyse	61
B.10	Datenflussanalyse	61
B.11	Belastungstest	61
B.12	Modulare Struktur	61
B.13	Verwendung von sicherheitskritischen Variablen	61
B.14	Falsche Programmteile	61
B.15	Übertragung von Informationen	61
Anhang C (normativ) Funktionsprüfung		62
C.1	Zünderfunktionsprüfung	62
C.1.1	Einleitung	62
C.1.2	Anwendungsbereich	62
C.1.3	Kurzbeschreibung	62
C.1.4	Prüfeinrichtung	62

C.1.5	Prüfstück.....	62
C.1.6	Durchführung.....	62
C.1.7	Angabe der Ergebnisse.....	62
C.2	Systemfunktionsprüfung.....	63
C.2.1	Einleitung.....	63
C.2.2	Prüfstücke.....	63
C.2.3	Prüfeinrichtung.....	63
C.2.4	Durchführung.....	63
C.2.5	Angabe der Ergebnisse.....	63
Anhang D (informativ) Ausfall in Zusammenhang mit dem dynamischen Druck.....		64
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den wesentlichen Sicherheitsanforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/28/EU über die Bereitstellung auf dem Markt und die Kontrolle von Explosivstoffen für zivile Zwecke		66
Literaturhinweise.....		70

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13763-27:2021) 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 CEN/TS 13763-27:2003 ersetzen.

Im Vergleich zur Vorgängerausgabe wurden folgende technische Änderungen vorgenommen:

- a) das dritte Element im Titel dieses Teils von EN 13763 wurde von „Teil 27: Definitionen, Verfahren und Anforderungen an elektronische Zündsysteme“ in „Teil 27: Risikoanalyse und Prüfverfahren für elektronische Zündsysteme“ geändert, weil die Anforderungen an elektronische Zündsysteme nach prEN 13763-1:2021 verschoben wurden;
- b) die Technische Spezifikation CEN/TS 13763 27 wurde in eine Europäische Norm prEN 13763 27 umgewandelt. prEN 13763-1:2021 enthält die Anforderungen an elektronische Zündsysteme und die Prüfverfahren sind in prEN 13763-27 enthalten;
- c) Abschnitt 1, *Anwendungsbereich*, wurde verdeutlicht;
- d) in Abschnitt 2, *Normative Verweisungen*, wurden die Verweisungen aktualisiert;
- e) in Abschnitt 3, *Begriffe*, wurden die Definitionen für die folgenden Benennungen hinzugefügt: 3.11 *Mangel*, 3.18 bis 3.23. Die folgenden Begriffe wurden modifiziert: 3.3 *nicht-programmierbarer elektronischer Zünder*, 3.4 *programmierbarer elektronischer Zünder*, 3.5 *Zündeinheit*, 3.5 *Prüfeinheit*, 3.7 *Programmiereinheit*, 3.12 *kritischer Fehler*, 3.14 *geringfügiger Fehler*, 3.15 *Fehlzustand*, 3.16 *Versagen*. Der folgende Begriff wurde in die Begriffsnorm prEN 13857-1 verschoben: *elektronischer Zünder*;
- f) in Abschnitt 4, *Risikoanalyse*, 4.1 *Allgemeines*, besagt das Dokument, dass es Aufgabe des Herstellers ist, die Risikoanalyse durchzuführen;
- g) in 4.2, *Risikoanalyse, Identifizierung von Eigenschaften in Zusammenhang mit elektronischen Zündsystemen*, wurden einige Fragen und Beispiele verdeutlicht;
- h) in 4.5.2.5, *Risikoanalyse*, wurde „Maximale Kapazität“ hinzugefügt;
- i) in 4.5.4, *Risikoanalyse*, wurde „Anwenderhandbuch“ nach prEN 13857-3 verschoben;
- j) in 4.5.5 wurden die Prüfverfahren, die auf Normen für Zünder, Zündmaschinen, Prüfeinrichtungen und Widerstandsmessgeräte Bezug nehmen, gestrichen und die Anforderungen wurden nach prEN 13763-1:2021 verschoben. Elektronische Zünder wurden in den Anwendungsbereichen der einzelnen Teile der Normenreihe EN 13763 hinzugefügt, sofern diese anwendbar sind;
- k) 4.10, Prüfbericht, war zuvor Abschnitt 5 (*Prüfbericht*);
- l) Abschnitt 5, *Prüfverfahren für elektronische Zünder und elektronische Zündsysteme*, wurde aufgenommen und enthält neue Prüfverfahren;
 - 1) Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen elektrostatische Entladungen;

- 2) Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen Überspannungen;
 - 3) Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen dynamischen Druck;
 - 4) Bestimmung des Isolationswiderstandes zwischen freiliegenden leitenden Teilen von Zündmaschinen;
 - 5) Bestimmung des Isolationswiderstandes zwischen freiliegenden leitenden Teilen von Zündkreisprüfern;
 - 6) Bestimmung der Verzögerungsgenauigkeit für elektronische Zündsysteme;
 - 7) klimatische und mechanische Prüfungen von elektronischen Zündsystemen;
 - 8) Prüfung der Korrosionsbeständigkeit;
- m) der frühere Anhang C, *Vorschläge für den Ersatz von Zünderglühbrücken (Zünderdummys)*, wurde gestrichen;
- n) der frühere Abschnitt 4.5.6.5, *Prüfung der Zünderfunktionstüchtigkeit*, und der frühere Abschnitt 4.5.6.6, *Prüfung der Funktionstüchtigkeit des Systems*, wurden aktualisiert und in Anhang C, *Funktionsprüfung*, verschoben;
- o) Anhang D, *Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen dynamischen Druck*, wurde gestrichen, Anhang D beschäftigt sich nun mit dem Versagen bei dynamischem Druck und in 5.3 wird nun die Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen dynamischen Druck behandelt;
- p) Anhang ZA, *Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den wesentlichen Sicherheitsanforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/28/EU über die Bereitstellung auf dem Markt und die Überwachung von Explosivstoffen für zivile Zwecke*, wurde hinzugefügt. Er erläutert den Zusammenhang mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie.

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 die grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Richtlinie 2014/28/EU.

Zum Zusammenhang mit Richtlinie(n)/Verordnung(en) siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

EN 13763, *Explosivstoffe für zivile Zwecke — Zünder und Sprengschnurverbinder*, setzt sich derzeit aus den folgenden Teilen zusammen:

- Teil 1: Anforderungen
- Teil 2: Überprüfung der thermischen Stabilität bei hohen Temperaturen
- Teil 3: Bestimmung der Schlagempfindlichkeit
- Teil 4: Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Zünderdrähten und Zündschläuchen gegenüber Abrieb
- Teil 5: Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Zünderdrähten und Zündschläuchen gegen Schnittbelastung

- Teil 6: Bestimmung des Widerstandes der Isolation von Zünderdrähten gegen Rissbildung bei niedrigen Temperaturen
- Teil 7: Bestimmung der mechanischen Festigkeit von Zünderdrähten, Zündschläuchen, Verbindungen, Anwürgungen und Verschlüssen
- Teil 8: Bestimmung des Widerstandes gegen Erschütterung
- Teil 9: Bestimmung des Widerstandes von Zündern gegen Biegespannung
- Teil 11: Bestimmung der Widerstandsfähigkeit von Zündern und Verzögerungselementen gegen Fall
- Teil 12: Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen hydrostatischen Druck
- Teil 13: Bestimmung der Widerstandsfähigkeit elektrischer Zünder gegen elektrostatische Entladungen
- Teil 15: Bestimmung der Zündstärke
- Teil 16: Bestimmung der Verzögerungsgenauigkeit
- Teil 17: Bestimmung der Nichtansprechstromstärke elektrischer Zünder
- Teil 18: Bestimmung des Serienzündstromes elektrischer Zünder
- Teil 19: Bestimmung des Zündimpulses elektrischer Zünder
- Teil 20: Bestimmung des elektrischen Gesamtwiderstandes elektrischer Zünder
- Teil 21: Bestimmung der Überschlagsspannung elektrischer Zünder
- Teil 22: Bestimmung der Kapazität, des Isolationswiderstandes und der Durchschlagsspannung der Zünderdrahtisolation
- Teil 23: Bestimmung der Stoßwellengeschwindigkeit in Zündschläuchen
- Teil 24: Bestimmung der elektrischen Nichtleitfähigkeit von Zündschläuchen
- Teil 25: Bestimmung des Übertragungsvermögens von Oberflächenverbindern, Verzögerern und Verbindern
- Teil 26: Definitionen, Verfahren und Anforderungen für Geräte und Zubehör für die zuverlässige und sichere Funktion von Zündern und Verzögerern
- Teil 27: Definitionen, Verfahren und Anforderungen für elektronische Zündsysteme

Einleitung

Unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit und Zuverlässigkeit sind elektronische Zündsysteme komplexer als elektrische und nicht-electrische Zündsysteme, wodurch sich neue Risikofaktoren ergeben.

Dieses Dokument legt ein Verfahren für die Risikoanalyse fest, das vom Hersteller anzuwenden ist, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit elektronischer Zündsysteme zu untersuchen, indem Gefährdungen identifiziert und die mit dem System in Zusammenhang stehenden Risiken abgeschätzt werden.

Der Schritt in der Risikoanalyse, der sich auf die Annehmbarkeit von Risiken bezieht, enthält Verweisungen auf sowohl Prüf- als auch Bewertungsverfahren, die für das jeweilige System nach Bedarf anwendbar sind. Das Dokument legt auch die Stufen für die Annehmbarkeit fest.

Die Hersteller von elektronischen Zündsystemen haben sehr unterschiedliche Konstruktions- und Systemlösungen angewendet, um annehmbare Sicherheits- und Zuverlässigkeitskriterien zu erfüllen. Die Weiterentwicklung von Produkten verläuft in diesem Bereich sehr schnell. Deshalb ist es das Ziel dieses Dokuments, für unterschiedliche Systemlösungen anwendbar zu sein.

Die Anforderungen an elektronische Zündsysteme sind in prEN 13763-1:2021 festgelegt, und der Hersteller nutzt die Prüfungen dieses Dokuments oder anderer maßgebender Teile der Normenreihe EN 13763, um zu überprüfen, ob diese Anforderungen erfüllt sind.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Bewertungs- und Prüfverfahren fest, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit von elektronischen Zündern und elektronischen Zündsystemen zu untersuchen.

Dieses Dokument legt eine Vorgehensweise für die Risikoanalyse von elektronischen Zündsystemen fest.

Dieses Dokument ist anzuwenden für Explosivstoffe für zivile Zwecke.

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 13763-15:2021, *Explosivstoffe für zivile Zwecke — Zünder und Sprengschnurverbinder — Teil 15: Bestimmung der Zündstärke*

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

EN 60068-2-2:2007, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-2: Prüfverfahren — Prüfung B: Trockene Wärme*

EN 60068-2-14:2009, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-14: Prüfverfahren — Prüfung N: Temperaturwechsel*

EN 60068-2-27:2009, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-27: Prüfverfahren — Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken*

EN 60068-2-30:2005, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-30: Prüfverfahren — Prüfung Db: Feuchte Wärme, zyklisch (12 + 12 Stunden)*

EN 60068-2-31:2008, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-31: Prüfverfahren — Prüfung Ec: Schocks durch raue Handhabung, vornehmlich für Geräte*

EN 60068-2-64:2008, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-64: Prüfverfahren — Prüfung Fh: Schwingen, Breitbandrauschen (digital geregelt) und Leitfaden*

EN 60068-2-78:2013, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-78: Prüfverfahren — Prüfung Cab: Feuchte Wärme, konstant*

EN 60870-5-1:1993, *Fernwirkleinrichtungen und -systeme — Teil 5: Übertragungsprotokolle — Hauptabschnitt 1: Telegrammformate*

EN 60529:1991, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

EN 61000-4-6:2014, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren — Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder*

EN IEC 61000-4-3:2020, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder (IEC 61000-4-3:2020)*

EN ISO 13849-2:2012, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 2: Validierung (ISO 13849-2:2012)*

3 Begriffe

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

3.1

elektronisches Zündsystem

System, üblicherweise bestehend aus einer Zündeinheit und/oder einer Prüfeinheit und/oder einer Programmiereinheit und einer bestimmten Anzahl an elektronischen Zündern

3.2

nicht-programmierbarer elektronischer Zünder

elektronischer Zünder mit einer vorprogrammierten Verzögerungszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Programmierung erfolgt durch den Hersteller.

3.3

vorprogrammierter elektronischer Zünder

elektronischer Zünder mit einer vom Hersteller vorprogrammierten Zeitstufe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Zündzeit dieser Zünder ist ein Vielfaches dieser Zeitstufe und wird im Feld ermittelt.

3.4

programmierbarer elektronischer Zünder

elektronischer Zünder, bei dem die Verzögerungszeit mithilfe einer Programmiereinheit und/oder einer Zündeinheit im Feld programmiert werden kann

3.5

Zündeinheit

Gerät, das in einem elektronischen Zündsystem zum Einsatz kommt, um eine Sprengung auszulösen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein solches Gerät kann die elektronischen Zünder steuern und/oder programmieren und/oder prüfen und den Zündkondensator der elektronischen Zünder vor der Auslösung der Sprengung aufladen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieses Gerät kann von einem Computer gesteuert werden.

3.6

Prüfeinheit

Feldprüfgerät zum Prüfen der elektronischen Zünder und/oder des Zündkreises in einem elektronischen Zündsystem

3.7

Programmiereinheit

Gerät, das im Feld zum Einsatz kommt, um eine Verzögerungszeit und/oder einen Empfänger in einen programmieren elektronischen Zünder zu programmieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Gerät kann außerdem eine Prüfung des elektronischen Zünders durchführen.

3.8

elektronisches Zündsystem ohne Datenkommunikation

elektronisches Zündsystem, bei dem der elektronische Zünder nur die Zündenergie von der Zündeinheit erhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Über nicht-elektrische oder elektrische Vorrichtungen.

3.9

elektronisches Zündsystem mit unidirektionaler Datenkommunikation

elektronisches Zündsystem, bei dem der elektronische Zünder Befehle von der Programmier-/Prüfeinheit und/oder von der Zündeinheit erhält, aber keine Informationen zurück an die Programmier-/Prüfeinheit und/oder an die Zündeinheit senden kann

3.10

elektronisches Zündsystem mit bidirektionaler Datenkommunikation

elektronisches Zündsystem, bei dem der elektronische Zünder Befehle von der Programmier-/Prüfeinheit und/oder von der Zündeinheit erhält und Informationen zurück an die Programmier-/Prüfeinheit und/oder an die Zündeinheit sendet

3.11

Mangel

Nichterfüllung einer beabsichtigten Anforderung

[QUELLE: ISO 2859-1:1999, 3.1.6]

3.12

kritischer Mangel

Fehler, der nach Beurteilung und Erfahrung wahrscheinlich zu gefährlichen oder nicht sicheren Bedingungen für Personen führt, die das betreffende Produkt benutzen, warten oder von ihm abhängig sind; oder der wahrscheinlich die Ausführung der Funktion einer größeren Anlage verhindert

BEISPIEL Eine unbeabsichtigte Zündung, die während des Transports, der Lagerung und der Handhabung ausgelöst wird.

[QUELLE: ISO 8641:2008, 3.8]

3.13

schwerwiegender Mangel

anderer Fehler als ein kritischer Fehler, der wahrscheinlich zu einem Ausfall führt oder die Nutzbarkeit des betreffenden Produktes für seine bestimmungsgemäße Verwendung erheblich verringert, z. B. Versagen eines oder mehrerer Zünder bei Sprengarbeiten

[QUELLE: ISO 8641:2008, 3.9]

3.14

geringfügiger Mangel

Fehler, der wahrscheinlich die Nutzbarkeit des betreffenden Produktes für seine bestimmungsgemäße Verwendung nicht erheblich verringert, oder der eine inkorrekte Funktion (Verzögerungszeit) eines Zünders darstellt

[QUELLE: ISO 8641:2008, 3.10]

3.15

Fehler

Zustand, der dazu führen kann, dass das System seine bestimmungsgemäße Funktion nicht ausführen kann

3.16

Ausfall

Abweichung von der bestimmungsgemäßen Funktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Problem kann beobachtet werden.

3.17

unabhängige Kreise

zwei Kreise sind voneinander unabhängig, wenn sie physisch voneinander getrennt sind und wenn der Ausfall eines Kreises nicht zu einem Fehler im zweiten Kreis führen kann

3.18

Fernzündsystem

Zündsystem, bestehend aus einer Steuereinheit, die von einer Zündeinheit getrennt ist, wobei letztere den Zündcode und die Energie für den Zünder liefert

3.19

Trigger-Zünder

elektronisches Teil eines Zünders, das über einen elektronischen Ausgang verfügt, um ein Messgerät zu triggern

Anmerkung 1 zum Begriff: Dabei kann es sich um einen Zünder ohne Explosivstoff handeln, bei dem die Anzündpille durch einen Optokoppler ersetzt wurde.

3.20

verdrillte Drähte

ein Paar durch Lack isolierte Drähte, die miteinander verdreht wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei dem Drahtwerkstoff handelt es sich üblicherweise um Kupfer.

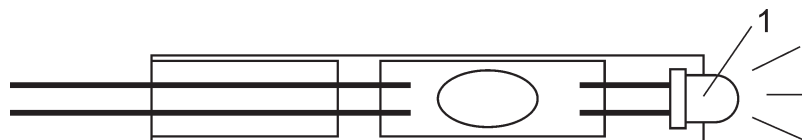
Anmerkung 2 zum Begriff: Werden sie an der Außenseite eines Zünders nahe der Sekundärladung angebracht, könnten sie als Stoppsignal für Verzögerungzeitmessungen verwendet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Verzögerungszeit wird so lange gemessen, bis die beiden Drähte miteinander verschmolzen sind, z. B. bei Feststellen eines elektrischen Kurzschlusses der Drähte.

3.21

Zünderdummy

ungefährliches Prüfstück, bei dem das gesamte energiegeladene Material durch inertes Material und die Anzündpille durch eine LED ersetzt wurde



Legende

1 LED

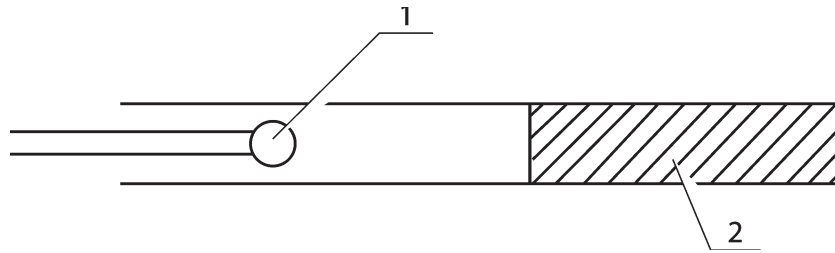
Bild 1 — Zünderdummy

Anmerkung 1 zum Begriff: Bild 1 zeigt eine Schema-Zeichnung eines Zünderdummys.

3.22

ungeladener Zünder

Zünder, dessen Sekundärladung entfernt oder durch inertes Material ersetzt wurde und der zur Prüfung von Zündung/keine Zündung eingesetzt wird. Nur die Anzündpille bleibt als energiegeladenes Material erhalten



Legende

- 1 Anzündpille
- 2 inertes Material

Bild 2 — Ungeladener Zünder

Anmerkung 1 zum Begriff: Bild 2 zeigt eine Schema-Zeichnung eines ungeladenen Zünders.

3.23

deplatzierter Zünder

jeder Zünder, der im Sprengungsplan vorkommt, aber nicht tatsächlich an seiner vorgesehenen Stelle befindet

4 Risikoanalyse

4.1 Allgemeines

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 1“ dargestellt.

Der Hersteller muss eine Risikoanalyse, eine Bewertung und eine Prüfung an dem elektronischen Zündsystem vornehmen, wie in 4.2 bis 4.9 und Abschnitt 5 beschrieben und im Ablaufdiagramm von Bild 3 dargestellt.

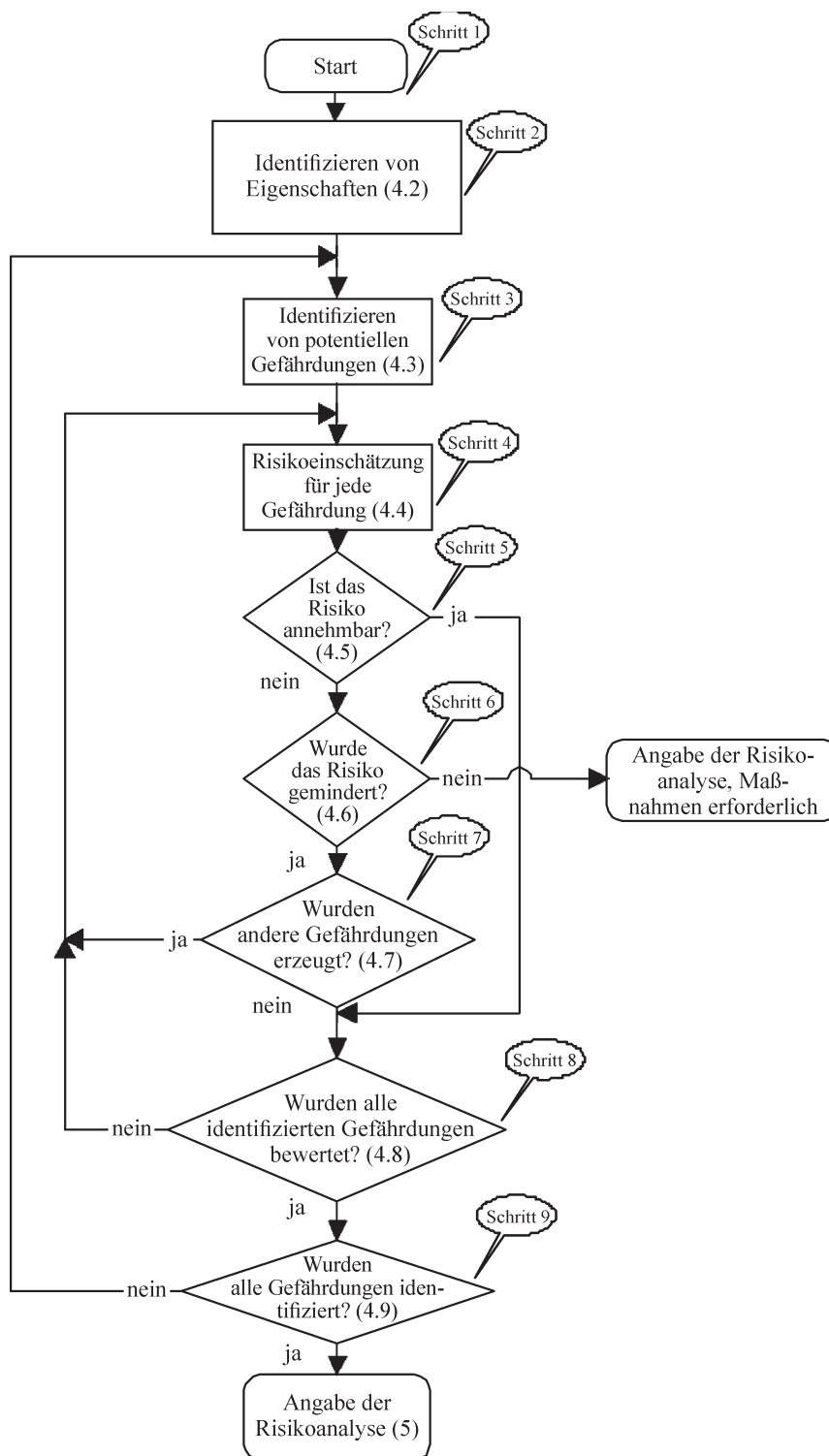


Bild 3 — Ablaufdiagramm für die Risikoanalyse, Bewertung und Prüfung

4.2 Identifizierung der Eigenschaften von elektronischen Zündsystemen

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 2“ dargestellt.

Für das jeweilige elektronische Zündsystem müssen die Eigenschaften aufgeführt werden, die seine Sicherheit und Zuverlässigkeit beeinflussen können.

Die im Folgenden aufgeführten Fragen müssen beantwortet werden:

- a) Wie lautet die bestimmungsgemäße Verwendung des elektronischen Zündsystems und wie ist es anzuwenden?

Folgende Faktoren sind zu berücksichtigen:

- 1) In welchen Betriebsphasen ist der Anwender potentiellen Risiken ausgesetzt?

- b) Wie ist das System konstruiert?

- 1) vom Hersteller bereitgestellte vollständige Konstruktionszeichnungen;

- c) Welche Geräte und Zubehörteile gehören zum System?

Der Hersteller muss eine Beschreibung, die Grundsätze und die bestimmungsgemäße Verwendung (am Ort der Sprengung, nur in sicheren Bereichen usw.) bereitstellen von z. B.:

- 1) Programmiereinheiten;
- 2) Prüfeinheiten;
- 3) Zündeinheiten;

- d) Welche Funktionen werden vom System bereitgestellt?

Beispiele für Funktionen:

- 1) allgemeine Funktionen;
- 2) Sicherheitsfunktionen;
- 3) Zuverlässigkeitsfunktionen;
- 4) Zeitüberschreitungsfunktionen (Zünder, Zünd-/Prüf-/Programmiereinheiten);
- 5) Möglichkeiten zum Abbruch der Zündsequenz;
- 6) Programmierfunktionen;
- 7) Kalibrierfunktion (z. B. für die Verzögerungsgenauigkeit);
- 8) Eigenüberwachungsfunktionen (z. B. Startkontrolle, Laufzeitkontrolle des Gerätes und des Zünders, Informationsübertragung und -speicherung; Betrieb der Zünderschaltuhr, Anzündpille, Spannungspegel, Kondensatorpegel, Fehlerbehandlung);
- 9) Grenzen für eine sichere Funktionsweise;
- 10) Ausgangsleistung des Zünders;

- e) Mithilfe welcher Konstruktionsmerkmale werden die Sicherheit und Zuverlässigkeit erzielt?

- 1) Sicherheit — Maßnahmen hinsichtlich der Fehlzustandstoleranz, Schutz vor zwei unabhängigen Fehlern;
- 2) Zuverlässigkeit — Maßnahmen hinsichtlich der Fehlzustandstoleranz, Schutz vor einem Fehler;
- 3) Können maßgebende Ausfälle erkannt werden, bevor eine potentielle Gefährdung eintritt?

- f) Welchen Umweltbelastungen ist das System während des Transports, der Lagerung und der Verwendung ausgesetzt?

Beispiele für Umweltbelastungen:

- 1) klimatische Umgebung (Temperatur, Luftfeuchte, hydrostatischer Druck);
- 2) mechanische Umgebung (statisch und dynamisch);
- 3) elektrische Umgebung (z. B. elektrostatische Entladungen, elektromagnetische Strahlung);
- 4) Grenze der Lagerdauer;

- g) Welche Kommunikationsgrundsätze werden zwischen Zündern und Systemkomponenten oder Zubehöerteilen angewendet?

Beispiele für Kommunikationsgrundsätze:

- 1) keine Datenkommunikation oder unidirektionale/bidirektionale Datenkommunikation. Welche Informationen werden übertragen/empfangen?
- 2) Grundsätze der Codierung für die Kommunikation;
- 3) Verzögerung des Zünders in Abhängigkeit von der Anschlussreihenfolge?
- 4) Hängt die Funktion von einer intakten Kommunikation und Verdrahtung während der gesamten Zündsequenz ab oder ist der Zünder unabhängig, nachdem er den Zündbefehl erhalten hat?
- 5) Anzahl der Busdrähte (Informationsträger für verschiedene Drähte);

- h) Welche Ausgangsleistung wird am Ausgang der Zünd-/Programmier-/Prüfeinheiten bereitgestellt?

Beispiele für Ausgangsleistung:

- 1) Spannung;
- 2) Strom;
- 3) Energie (Impulslängen);
- 4) Grenzen für eine sichere Funktionsweise des Zünders (z. B. Batteriepegel, Busdrahtlänge);

- i) Welche Art von Energiequelle wird zum Zünden des Zünders verwendet?

- 1) elektrische Energie (Eigenschaften der Anzündpille, z. B. Nichtansprechstromstärke/-spannung, Zündstromstärke/-spannung);

- j) Wird Energie im Zünder gespeichert?

Falls ja, dann werden diese Sicherheitsfunktionen beschrieben:

- 1) Zeitgrenzen für eine sichere Funktionsweise;
- 2) Selbstentladungsprinzipien (bei unterbrochener Zündfolge, bei Trennung vom Leitungsbuss, Vergleich mit der längsten verfügbaren Verzögerungszeit);

k) Verfügen die verschiedenen Geräte über eine Software?

Falls ja, dann werden die folgenden Eigenschaften beschrieben:

- 1) verwendete Programmiersprache und Compiler/Linker;
- 2) Grundsätze der Datenspeicherung, sowohl variable als auch invariable Speicher;
- 3) Beschreibung von sicherheitsbezogenen Programmmodulen;
- 4) Beschreibung von durchgeführten Eigenüberwachungsmaßnahmen;
- 5) vom Hersteller festgelegte Kreise (z. B. PAL, PLA, PLD, CPLD, FPGA oder ASICs);

l) Welche Sicherheitsmaßnahmen wurden für den Fall der Fehlanwendung vorgesehen?

Beispiele für die Fehlanwendung:

- 1) Verwendung von Geräten/Zubehörteilen für elektronische Zündsysteme mit elektrischen Zündern;
- 2) Verwendung von Geräten/Zubehörteilen für elektrische Zündsysteme mit elektronischen Zündern;

Beispiele für Sicherheitsmaßnahmen:

- 3) Kennzeichnung bei der Herstellung (Sequenznummer, Verzögerungszeit usw.);
- 4) manuelle Kennzeichnung nach der Programmierung.

4.3 Identifizierung von Gefährdungen

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 3“ dargestellt.

Der Hersteller muss eine ausführliche Liste der potentiellen Gefährdungen in Zusammenhang mit dem elektronischen Zündsystem erstellen, sowohl unter Normalbedingungen als auch unter Fehlerbedingungen. Anhang A enthält Beispiele für Gefährdungen und Fehlzustände.

4.4 Risikoeinschätzung

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 4“ dargestellt.

Für jede der potentiellen Gefährdungen, die in 4.3 identifiziert wurden, werden die Risiken sowohl unter Normalbedingungen als auch unter Fehlerbedingungen mithilfe der verfügbaren Informationen/Daten eingeschätzt und Folgendem zugeordnet:

- kritischer Mangel;
- schwerwiegender Mangel;
- geringfügiger Mangel.

Es gibt verschiedene Verfahren, um die Gefährdungen systematisch zu analysieren. Beispiele sind in Anhang B angegeben.

4.5 Annehmbarkeit von Risiken

4.5.1 Allgemeines

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 5“ dargestellt.

Es wird bewertet und geprüft, ob ein Risiko für eine bestimmte Gefährdung durch die Einhaltung einer einschlägigen Norm oder Methode, wie in 4.5.2 bis 4.5.4 beschrieben, angemessen behandelt wird. Falls das nach 4.4 eingeschätzte Risiko für eine bestimmte Gefährdung die Stufen für die Annehmbarkeit überschreitet, die in einschlägigen Normen oder anderswo definiert wurden, wird mit 4.6 fortgefahren, anderenfalls wird mit 4.8 fortgefahren.

4.5.2 Bewertung der Funktionalität

4.5.2.1 Allgemeines

Es wird eine Bewertung der funktionalen Sicherheit und Zuverlässigkeit entsprechend den spezifischen Anforderungen von 4.5.2.2 bis 4.5.2.4 durchgeführt, gegebenenfalls durch Bewertung des detaillierten Entwurfs der elektronischen Hardware und Software. Beispiele für Techniken zur Bewertung der Funktionalität sind in Anhang B aufgeführt.

4.5.2.2 Bewertung der Systemfunktionalität

Es wird bewertet, ob alle Funktionen (Hardware und Software) und Interaktionen zwischen den Geräten im System den Herstellerspezifikationen entsprechen.

Je nach Entwurfsprinzip (z. B. kein/unidirektionales/bidirektionales Datenkommunikationssystem) wird bewertet, ob Prüfmöglichkeiten im System enthalten sind. Beispiele für Zuverlässigkeitskriterien sind in A.3 angegeben.

Es wird bewertet, ob der Zündbefehl eindeutig ist und gleichzeitig an alle Zünder übertragen wird.

Es wird bewertet, ob die Zeit zwischen dem Zündbefehl und der ersten Sprengung (kleinste tatsächliche Verzögerungszeit) auf maximal 10 s begrenzt ist. Falls längere Verzögerungszeiten vorliegen, muss im System die Möglichkeit vorhanden sein, die Sprengreihe nach Erteilen des Zündbefehls zu unterbrechen.

Im Fall eines Verzögerungssystems, das mithilfe von Sensoren eingestellt werden kann, wird bewertet, ob die Änderung der Zündparameter während der Sprengarbeiten innerhalb eines festgelegten Zeitintervalls stattfindet, um die Detonation in einem bevorzugten Zeitintervall sicherzustellen.

ANMERKUNG Dies bedeutet in der Regel, dass die Sprengreihe infolge dieser Änderung nicht verändert wird. Bei einigen Anwendungen kann jedoch eine Änderung der Reihenfolge wünschenswert sein oder die Zündfolge kann nicht bestimmt werden, bevor der Zündbefehl vom Zünder empfangen wurde.

4.5.2.3 Bewertung der Zünderfunktionalität

Es wird bewertet, ob die Zünder einen permanenten Elektroenergiespeicher enthalten, der selbst in der Lage ist, den Zünder zu zünden. Falls dies der Fall ist, darf keine unbeabsichtigte Zündung erfolgen, auch nicht bei Vorhandensein von zwei unabhängigen Fehlern.

Es wird bewertet, ob der Zünder auf nicht beabsichtigte Weise unsichere Zustände einnehmen kann. Dies könnte durch die Untersuchung eines Zustandsautomatendiagramms oder, im Falle eines mikroprozessor-gesteuerten Zünders, durch die Untersuchung des Softwareprogrammflusses geschehen.

Es wird bewertet, dass 5 min nach Unterbrechung der Zündfolge oder nach der Trennung des Zünders vom Leitungssystem die Kondensatoren für Sprengarbeiten keine Energie abgeben dürfen, die eine Sprengung ermöglichen.

Es wird bewertet, ob der Ableitstrom in den Anzündpillen weniger als 10 % des Nichtansprechstroms entspricht, solange der Zündbefehl nicht übertragen wurde.

Es wird bewertet, ob jeder Zünder in der Lage ist, auf selbstbestimmte Weise zu arbeiten, nachdem der Zündbefehl von den Zündern empfangen wurde.

Die erste Detonation kann die Kommunikationsleitung zwischen der Zündereinheit und den Zündern zerstören. Der Verzögerungszeitschalter sollte weiterlaufen und die Energieversorgung im Zünder sollte für den Betrieb ausreichen, bis die Verzögerungszeit verstrichen ist. Die Entladungszeit sollte deshalb ordnungsgemäß im Verhältnis zur längsten Verzögerungszeit eingestellt werden.

In Abhängigkeit vom Entwurf wird bewertet, ob der Zünder einen ausreichenden Schutz vor dem Einfluss von Streustrom, elektrostatischen Entladungen und Überschlagsspannung im Hinblick auf unbeabsichtigte Zündung und Versagen aufweist.

In Abhängigkeit vom Entwurf können die in 5.1 bis 5.9 festgelegten Prüfverfahren angewendet werden, um diese Anforderung zu bewerten.

4.5.2.4 Bewertung der Funktionalität der Zünd-/Prüf-/Programmiereinheit

Es wird bewertet, das im Falle eines festgestellten Hardware- oder Softwarefehlers in der Zünd-/Prüf-/Programmiereinheit ein Fehler angezeigt werden muss und gegebenenfalls die Ausgangsspannung zu den Zündern abgeschaltet werden kann, um einen sicheren Zustand herzustellen.

Es wird bewertet, ob das Gerät, wenn es zu Prüf- oder Programmierzwecken auf dem Prüfstand verwendet wird, nicht in der Lage ist, einen Zündbefehl über die Kommunikationsleitung an die Zünder abzugeben.

Es wird bewertet, ob die Zeit zwischen dem Ende der Ladung oder dem Ende der Überwachung der Kontinuität der Zünderkommunikation und dem Zündbefehl auf maximal 10 min begrenzt ist. Nach dieser Zeit muss die Zündsequenz unterbrochen werden.

Es wird bewertet, ob die Software der Zündereinheit nicht auf andere Weise als durch die bestimmungsgemäße Verwendung einen Zündbefehl geben oder andere gefährliche Zustände erreichen kann.

Es wird bewertet, ob es möglich ist, die erforderlichen Parameter für die Sprengung entsprechend den Angaben des Herstellers in der Zünd-/Programmiereinheit vor der Sprengung zu überprüfen.

In Abhängigkeit vom Entwurf können die in 5.10 festgelegten Prüfverfahren angewendet werden, um diese Anforderung zu bewerten.

4.5.2.5 Maximale Kapazität

Bei der Risikoanalyse müssen die maximale Systemkapazität und das Systemverhalten im Grenzbereich bewertet werden. Folgende Parameter müssen berücksichtigt werden:

- Anzahl der Zünder, die mit den Prüf-/Programmier-/Zündvorrichtungen verbunden sind;
- Gesamtlänge der Drähte im System [m];
- Zünderdraht [R/m];
- Zündleitung [R/m];
- maximale programmierte Verzögerungszeit [ms];
- Reichweite der Funkausrüstung [m];
- maximale Anzahl an Zündern, mit kombinierten Zündeinrichtungen;

— maximal zulässiger Ableitstrom in der Zündleitung [mA].

Folgende Situationen müssen bewertet werden.

- a) Es wird bewertet, was passiert, wenn die Anzahl der Zünder, die mit den Prüf-/Programmier-/Zündvorrichtungen verbunden sind, die maximale Grenze überschreitet.
- b) Es wird bewertet, was passiert, wenn die Gesamtlänge der Drähte im System überschritten wird. Kann dies durch das Anlegen eines Widerstandes und Kapazität auf der Leitung festgestellt werden? Was passiert, wenn die Kommunikation aufgrund langer Drähte beginnt zu versagen?
- c) Es wird bewertet, was bei unterschiedlichen Änderungen der Gesamtlänge, des Zünderdrahtes, des Zündleitung oder anderer Kommunikationskabel im System passiert.
- d) Es wird bewertet, was passiert, wenn der Anwender versucht längere Verzögerungszeiten als die maximal zulässige Verzögerungszeit zu programmieren.
- e) Reicht die Energie für die maximal zulässige programmierte Verzögerungszeit bei maximaler Drahtlänge unter Berücksichtigung von Spannungsabfall und Ableitstrom aus?
- f) Es wird bewertet, ob die Kommunikation mit der maximal zulässigen Drahtlänge und Ableitstrom funktioniert.
- g) Es wird bewertet, ob die Funkkommunikation über die volle Reichweite funktioniert?
- h) Es wird bewertet, was passiert, wenn Nachrichten nicht ankommen oder nicht in der richtigen Reihenfolge ankommen. Was ist mit unvollständig empfangenen Nachrichten?
- i) Es wird bewertet, was passiert, wenn der Anwender versucht, mehr Zündvorrichtungen zu kombinieren, als erlaubt sind.

Es wird bewertet, wie Fehler dem Anwender mitgeteilt werden.

- Wenn die Kommunikation fehlschlägt (ohne dass sie wiederhergestellt werden kann), wird dann die Zündsequenz unterbrochen und dem Anwender angezeigt?
- Werden dem Anwender eindeutige Möglichkeiten für den Umgang mit den angezeigten Fehlern angeboten? Wird deutlich, ob die Zündsequenz bei der Bestätigung von Fehlern abgebrochen oder fortgesetzt wird?
- Wenn der Ableitstrom, der Leitungswiderstand oder der Spannungsabfall zu hoch ist, wird dies dem Anwender angezeigt? Wird der Betrieb angehalten?
- Wie wird der Anwender benachrichtigt, wenn er mehr Einheiten (Zünder oder Komponenten des Zündsystems) als erlaubt hinzufügt?
- Wenn ein Zünder einen Fehler an die angeschlossenen Komponenten des Zündsystems meldet, wie wird dies dem Anwender mitgeteilt?

4.5.3 Bewertung der Fehlertoleranz

4.5.3.1 Allgemeines

Es wird eine Bewertung der Fehlertoleranz entsprechend den spezifischen Anforderungen von 4.5.2.1 bis 4.5.2.4 durchgeführt, gegebenenfalls durch Bewertung des detaillierten Entwurfs der elektronischen Hardware und Software. Beispiele für Fehlzustände und Fehlerkombinationen für die Entwurfsprinzipien sind in A.2 und A.3 angegeben. Beispiele für anwendbare Techniken zur Bewertung sind in Anhang B aufgeführt.

Fehler von Bauteilen, die an kritischen Mängeln beteiligt sind, müssen nach EN ISO 13849-2:2012, Tabelle D.4 bis Tabelle D.21 bewertet werden, mit Ausnahme der in Tabelle 1 aufgeführten Bauteile. Die Auswahl der Möglichkeiten in Tabelle 1 muss anhand der Bauteileigenschaften erfolgen, die vom Hersteller festgelegt werden.

Tabelle 1 — Ausnahmen von EN ISO 13849-2:2012, Tabelle D.4 bis Tabelle D.21

Bauteil	Kriterien	Grenzen der Wertänderung	
		Möglichkeit 1: Arbeiten bei Nennwerten (z. B. Leistung, Spannung, Temperatur)	Möglichkeit 2: Arbeiten bei 2/3 der Höchstwerte (z. B. Leistung, Spannung, Temperatur)
Widerstände und Induktoren	kritischer Mangel	+100 %, –50 %	+50 %, –25 %
	schwerwiegender und geringfügiger Mangel	vom Bauteilhersteller festgelegte $\pm$ Toleranz	vom Bauteilhersteller festgelegte $\pm$ Toleranz
Kondensator	kritischer Mangel	vom Bauteilhersteller festgelegte +Toleranz –50 %	vom Bauteilhersteller festgelegte +Toleranz –25 %
	schwerwiegender und geringfügiger Mangel	vom Bauteilhersteller festgelegte $\pm$ Toleranz	vom Bauteilhersteller festgelegte $\pm$ Toleranz

ANMERKUNG Informationen zum Prinzip mit 2/3 der Höchstwerte können EN 60079-11:2012, 7.1, entnommen werden.

4.5.3.2 Bewertung der allgemeinen Fehlertoleranz

Für Programmier-/Prüfeinheiten wird bewertet, ob keine unbeabsichtigte Zündung (kritischer Mangel) auftritt, selbst nicht bei Vorliegen von zwei unabhängigen Fehlern in beliebigen Teilen des Systems.

Für Zündeinheiten wird bewertet, ob selbst bei Vorliegen eines Fehlzustandes keine unbeabsichtigte Zündung (kritischer Mangel) erfolgt. Der allerletzte Schritt des Zündvorgangs, bei dem nur der Zündbefehl für die Auslösung eines oder mehrerer Zünder gesendet werden muss, wird nicht berücksichtigt.

Es wird bewertet, dass ein Fehler im System nicht zu mehr als einem Zünderversagen führen darf (schwerwiegender Mangel). Der Fall, dass kein Zünder zündet, wird ausgeschlossen.

Es wird bewertet, ob bei bestimmungsgemäßer Funktionsweise kein Versagen eines einzelnen Zünders bzw. keine Fehlfunktionen (geringfügiger Mangel) auftreten.

4.5.3.3 Bewertung der spezifischen Fehlzustandstoleranz

Es wird bewertet, ob das Nichtansprechen einer Zünderreihe selbst bei Vorliegen eines Fehlzustandes unmöglich ist.

Es wird bewertet, dass die elektronischen Bauteile, die für die Sicherheit und Zuverlässigkeit erforderlich sind, mit weniger als den Nenneigenschaftswerten arbeiten müssen.

4.5.3.4 Bewertung der Fehlertoleranz — Unverträglichkeit für die Verwendung mit elektronischen Zündersystemen

Es wird bewertet, ob die Prüf-/Programmiereinheit für das elektronische Zündsystem auch bei Vorliegen eines Fehlers in der Prüf-/Programmiereinheit nicht in der Lage ist, einen Impuls oder eine Stromstärke zu liefern, der/die den entsprechenden Wert für die empfindlichste im Handel erhältliche elektrische Zünderklasse (Klasse I) überschreitet.

Es wird bewertet, ob der Entwurf des elektronischen Zünders so ausgelegt ist, dass eine Prüfeinheit für elektrische Zünder im Normalzustand (d. h. nicht im Fehlzustand) in der Anzündpille des elektronischen Zünders keinen Strom erzeugen kann, der den Nichtansprechstrom der Anzündpille überschreitet, selbst wenn ein Fehler im elektronischen Zünder vorliegt.

4.5.4 Bewertung des Entwurfs

4.5.4.1 Allgemeines

Die Bewertung wird entsprechend den spezifischen Anforderungen von 4.5.4.2 bis 4.5.4.5 durchgeführt, indem der Entwurf der elektronischen Hardware und Software, soweit zutreffend, ausführlich bewertet wird. Beispiele für Bewertungstechniken sind in Anhang B aufgeführt.

4.5.4.2 Anwenderschnittstelle

Es wird bewertet, ob die Meldungen der Zünd-/Programmier-/Prüfungseinheiten an den Anwender so dargestellt werden, dass der Anwender die Informationen verstehen kann. Der Hersteller muss eine Liste aller Meldungen in der Standardsprache zur Verfügung stellen.

Wenn ein Planungshilfsmittel verwendet wird (z. B. ein Computerprogramm), muss überprüft werden, ob die Planungsdaten wie vorgesehen an die Zünder übertragen werden.

Es wird bewertet, ob der Anwender den Befehl für den Start der Sprengung und zum Auslösen der Zündung erhalten hat und bestätigt, dass sie fortfahren darf. Die komplette Sprengreihe darf ohne Eingriff durch den Anwender nicht automatisch fortfahren.

4.5.4.3 Entwurf und Codierung von Software

Dieser Abschnitt gilt nur für Software, mit der die Programmier-/Prüf-/Zündfolge gesteuert wird.

Es wird bewertet, ob die Software mit einer modularen Struktur gestaltet wurde, siehe B.12. Alle Quellcodes müssen mithilfe von Versionskontrollsystemen entwickelt worden sein. Kommentare, Funktionen und Variablenamen sollten in englischer Sprache verfasst sein.

Es werden die sicherheitskritischen Variablen und die Verfahren, in denen die sicherheitskritischen Variablen angewendet werden, identifiziert und ob diese lokal oder global vorliegen. Es wird bewertet, ob sicherheitskritische Variablen nicht von nicht-sicherheitskritischen Verfahren angewendet werden, siehe Beispiele in B.13.

Es wird bewertet, ob die Möglichkeit zur Ausführung falscher Programmteile auf ein Mindestmaß verringert wird, siehe Beispiele in B.14.

Es wird bewertet, ob die Softwareversion entweder auf einem Bildschirm oder auf einem Etikett identifiziert werden kann. Die gesamte Software muss unter Versionskontrolle stehen und Hardware Descriptive Language, eingebettete Software und PC-Programme aufweisen.

ANMERKUNG Weitere Informationen zu Entwurf, Entwicklung und Codierung von Software können EN 61508-3:2010 entnommen werden, besonders 7.4.5, Anforderungen an den detaillierten Entwurf und die Entwicklung, und Tabelle A.4, Tabelle B.1, Tabelle B.7 und Tabelle B.9 sowie 7.4.6, Anforderungen an die Codeimplementierung, und Tabelle A.5, Tabelle B.2, Tabelle B.3 und Tabelle B.6.

4.5.4.4 Übertragung von Informationen

Für elektronische Zündsysteme mit digitaler Codeübertragung (d. h. Senden von digitalen „Wörtern“) wird bewertet, ob die Übertragung von Informationen und die Integrität des Kommunikationssystems EN 60870-5-1:1993, 4.1, entspricht, mit den folgenden Überlegungen:

- Integritätsklasse I1, falls fehlerhafte Informationen die Zuverlässigkeit der Zündung beeinflussen können;
- Integritätsklasse I2, falls fehlerhafte Informationen einen direkten Einfluss auf die Sicherheit von Personen haben können und falls die Zünder durch die für die Kommunikation genutzte Spannung scharfgeschaltet oder gezündet werden können. Anderenfalls wird Integritätsklasse I1 genutzt.

Für elektronische Zündsysteme, die keine digitale Codeübertragung nutzen, wie z. B. Systeme auf der Grundlage von Codierungsinformationen innerhalb bestimmter Zeitfenster, muss bei der Bewertung das spezifische System in Betracht gezogen werden. Dies kann eine Änderung der Länge des Zeitfensters sein (Verlängern oder Verkürzen einer üblichen Länge) oder kann eine Änderung von einem hohen Signalpegel zu einem niedrigen Signalpegel oder andersherum sein. Die Fehler dürfen die Informationen nicht so verändern, dass ein unbeabsichtigtes Scharfstell- oder Zündsignal entsteht.

Im Allgemeinen müssen für beide Übertragungsprinzipien (mit oder ohne digitale Codierung) Maßnahmen zur Fehlererkennung und zum Umgang mit Fehlern im System enthalten sein. Enthält das System andere Codeverifizierungsalgorithmen als CRC (Cyclic Redundancy Check), muss dies bei der Bewertung der Systemsicherheit berücksichtigt werden.

4.5.4.5 Techniken zum Umgang mit zufälligen Hardwareausfällen in komplexen Elektroniken

Das Erkennen von, der Umgang mit und die Anzeige von zufälligen Hardwarefehlern muss bewertet werden. Verfahren könnten sein:

- Prüfungen mit Fehlersimulation/Fehlereinspeisung, siehe B.4;
- Walk-throughs/Entwurfsüberprüfungen, siehe B.7.

Es wird bewertet, ob Zündeinheiten und Prüf-/Programmiereinheiten sowie Zünder mit bidirektionaler Datenkommunikation geeignete Möglichkeiten zur Eigenüberwachung während des Starts besitzen. Nur die Sicherheit von einzelnen Bitfehlern braucht berücksichtigt zu werden. Folgende Schutzmaßnahmen müssen umgesetzt werden:

- Überprüfen auf Fehler des variablen Speichers bei Speicherung sicherheitsbezogener Daten;
- Überprüfen auf Fehler im nicht-variablen Speicher bei Speicherung des Programmcodes oder von Programmdateien;

- Überwachung der Stromversorgung, um bei einem Ausfall der Stromversorgung die Ausführung auf kontrollierte Weise zu unterbrechen;
- Überprüfen auf Programmablaufstörungen, z. B. mithilfe einer Watchdog-Funktion (Überwachungsfunktion).

4.6 Risikominderung

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 6“ dargestellt.

Falls das Risiko angemessen gemindert wurde, dann wird mit 4.7 fortgefahren.

Wird ein Risiko als nicht annehmbar gewertet, dann sollte es durch entsprechende Maßnahmen schrittweise auf ein annehmbares Niveau verringert werden:

- a) direkte Sicherheitsmaßnahmen (Entwurf);
- b) deskriptive Sicherheitsmaßnahmen, z. B. Einschränkung der Anwendung, der Lebensdauer oder der Umgebung;
- c) Neubeschreibung der bestimmungsgemäßen Verwendung;
- d) Anwendung von Kontrollmaßnahmen.

4.7 Erzeugen von anderen Gefährdungen

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 7“ dargestellt.

Es wird bestimmt, ob das Risikominderungsverfahren neue Gefährdungen herbeigeführt hat.

4.8 Bewertung aller identifizierten Gefährdungen

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 8“ dargestellt.

Nachdem die Risiken für alle identifizierten Gefährdungen eingeschätzt wurden und die Stufen für die Annehmbarkeit nicht überschritten wurden, wird mit 4.9 fortgefahren, anderenfalls wird nach 4.4 zurückgekehrt.

4.9 Überarbeitete Identifizierung einer Gefährdung

ANMERKUNG Dieser Abschnitt wird in Bild 3 als „Schritt 9“ dargestellt.

Es wird überprüft, ob alle Gefährdungen identifiziert wurden. In diesem Fall ist die Risikoanalyse, Bewertung und Prüfung abgeschlossen. Falls nicht, wird nach 4.3 zurückgekehrt.

4.10 Prüfbericht

Der Prüfbericht sollte EN ISO/IEC 17025:2017, 7.8, entsprechen. Außerdem muss er die folgenden Informationen enthalten:

- die Ergebnisse der Risikoanalyse, der Risikobewertung und das Prüfverfahren;
- eine Liste der potentiellen Gefährdungen, wie in 4.3 festgelegt.

5 Prüfverfahren für elektronische Zünder und elektronische Zündsysteme

5.1 Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen elektrostatische Entladungen

5.1.1 Einleitung

Zu verschiedenen Zeitpunkten seiner Anwendung kann ein elektronischer Zünder elektrostatischen Entladungen (ESD, en: electrostatic discharges) ausgesetzt sein. Diese Entladungen können während der Handhabung durch den Anwender auftreten oder wenn die Zünder in Kontakt mit metallischen Oberflächen kommen. Es ist von grundlegender Bedeutung, eine Mindesthöhe der elektrostatischen Entladungen zu bestimmen, denen ein elektronischer Zünder standhalten kann, ohne zu zünden.

5.1.2 Anwendungsbereich

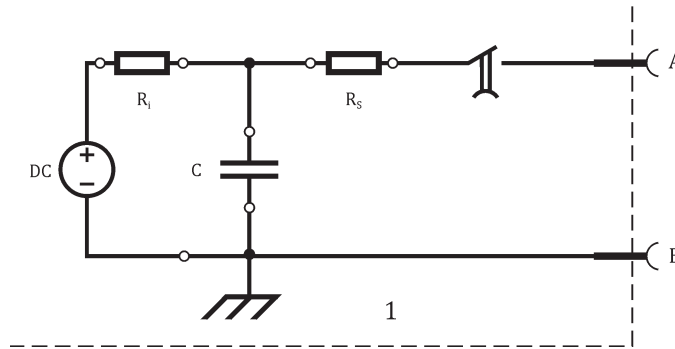
Es werden zwei Prüfverfahren für die Bewertung der Widerstandsfähigkeit von elektronischen Zündern gegen elektrostatische Entladungen (ESD) festgelegt, das Modell des menschlichen Körpers (HBM, en: human body model) und das Maschinenmodell (MM, en: machine model).

5.1.3 Kurzbeschreibung

Das Prüfstück wird elektrostatischen Entladungen (ESD) mit einer definierten Energiemenge ausgesetzt, die den Entladungen im Modell des menschlichen Körpers (HBM), den Entladungen im Maschinenmodell (MM) und dem durch eine Explosion erzeugten elektromagnetischen Impuls (EMP, en: electromagnetic pulse) entspricht. Es ist zu überprüfen, ob die Funktionstüchtigkeit des Prüfstückes beeinträchtigt worden ist oder ob eine unerwartete Zündung erfolgt. Die Entladung wird auf das Prüfstück in zwei Konfigurationen, durch die Elektronik, d. h. Draht-gegen-Draht und zwischen den Zünderdrähten und der Metallkapsel, d. h. Draht-gegen-Hülse, auf das Prüfstück aufgebracht. Funktionale Schäden, unerwartete Zündung oder Zündung bei der programmierten Verzögerungszeit werden für das Prüfstück aufgezeichnet.

5.1.4 Prüfeinrichtung

5.1.4.1 Generator für elektrostatische Entladungen (ESD-Generator) mit Kapazitäten von (500 ± 25) pF oder $(2\,500 \pm 125)$ pF, einem Reihenwiderstand von entweder $(0,5 \pm 0,025)$ Ω oder $(5 \pm 0,25)$ k Ω , und einer einstellbaren Spannung zwischen 800 V und 25 kV, mit der Fähigkeit, fünf aufeinanderfolgende Entladungsimpulse mit einer einstellbaren Impulsfolgefrequenz von einem Impuls je Sekunde und langsamer zu erzeugen (siehe Bild 4).



Legende

- 1 ESD-Generator
- DC Ladequelle
- C Entladekondensator
- R_L Ladewiderstand
- R_S Reihenwiderstand
- A, B Verbindungen zum Prüfstück

Bild 4 — ESD-Generator

5.1.4.2 Vorrichtungen zum Prüfen, Programmieren und Zünden der elektronischen Zünder entsprechend den Herstellerspezifikationen.

5.1.4.3 Zeitmessvorrichtung, mit einer Fehlergrenze von höchstens ± 1 s.

5.1.5 Vorbereitung und Handhabung von Proben und Prüfstücken

Es werden 200 elektronische Zünder des gleichen Typs mit der gleichen Ausführung und dem kürzesten verfügbaren Zünderdraht entsprechend den Herstellerspezifikationen ausgewählt. Alternativ können Zünderdummys ohne Sekundärladung oder mit inerter Sekundärladung und einer funktionstüchtigen Anzündpille ausgewählt werden.

Soweit notwendig, werden 10 mm bis 20 mm der Isolierung von den Zünderdrahtenden entfernt, um sie an den ESD-Generator anschließen zu können. Ist zwischen dem ESD-Generator und dem Prüfstück eine Verdrahtung erforderlich, wird die Kabellänge auf 1 m begrenzt.

Es werden jeweils 20 elektronische Zünder für die Prüfung mit jedem Entlademodell (siehe 5.1.6.3) und in beiden Konfiguration (siehe 5.1.6.2) vorbereitet. Die Zünder müssen mit Zünderdrähten mit einer Länge von $(3,50 \pm 0,05)$ m versehen sein, es sei denn, der Hersteller bietet Zünder mit kürzeren Zünderdrähten an, die dann mit einer festgelegten Länge $\pm 0,05$ m verwendet werden sollten.

Falls die elektronischen Zünder keine festen Zünderdrähte besitzen, sie aber über Vorrichtungen für den Anschluss von spezifischen Zünderdrähten verfügen, dann müssen die Drahtlängen entsprechend ausgewählt werden.

5.1.6 Durchführung

5.1.6.1 Allgemeines

Die Prüfung wird bei einer Temperatur von (20 ± 5) °C und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 60 % durchgeführt. Die Zünderdrähte werden abgewickelt, um das Prüfstück mit dem ESD-Generator zu verbinden, und der Rest des Drahtes bleibt so aufgewickelt, wie er vom Hersteller gefertigt wurde.

Es wird sichergestellt, dass die Zünderdrähte und Kabel (sofern vorhanden) in einem Abstand von mindestens 100 mm zum Boden und zu allen leiten Gegenständen, die Kriechstrecken zur Erde erzeugen könnten, angebracht werden.

Die Prüfungen werden mit den drei Entlademodellen durchgeführt, jeweils in beiden Konfigurationen.

Falls die Zünder mehr als zwei Zünderdrähte besitzen, müssen alle Prüfungen so erweitert werden, dass alle möglichen Formen der Draht-gegen-Draht-Konfiguration geprüft werden.

Wenn Zünderdrähte bauartbedingt in galvanischem Kontakt mit der Zünderkapsel stehen, dürfen sie bei der Prüfung in der Draht-gegen-Hülse-Konfiguration nicht mit den anderen Drähten verdreht werden.

5.1.6.2 Konfigurationen

5.1.6.2.1 Draht-gegen-Draht-Konfiguration

Zwischen den beiden getrennten Enden der Zünderdrähte werden ESD-Impulse angelegt.

5.1.6.2.2 Draht-gegen-Hülse-Konfiguration

Die Enden der Zünderdrähte werden verdreht und zwischen den Enden der Zünderdrähte und der Metallkapsel des Zünders werden ESD-Impulse angelegt.

5.1.6.3 Entlademodelle

5.1.6.3.1 Entladung im Modell des menschlichen Körpers

Es wird eine Kapazität von 500 pF und ein Reihenwiderstand von 5 k Ω gewählt und die Spannung des Entladegenerators wird auf $(25 \pm 0,1)$ kV eingestellt.

Innerhalb von 10 s oder weniger werden fünf aufeinanderfolgende Entladungen am Zünder durchgeführt. Dann wird die Polung des ESD-Generators umgekehrt und die Prüfung wiederholt (siehe Tabelle 2).

Es wird aufgezeichnet, ob der Zünder (oder die Anzündpille) zündet.

Es wird geprüft, ob der Zünder nach der Prüfung in Übereinstimmung mit Abschnitt C.1 noch vollständig funktionstüchtig ist.

Der Vorgang wird mit allen zu prüfenden Zündern in beiden Konfigurationen, d. h. Draht-gegen-Draht und Draht-gegen-Hülse, wiederholt.

Die Prüfreihe wird mit einem neuen Probensatz mit einer eingestellten Entladespannung von (800 ± 50) V wiederholt.

ANMERKUNG Da Funkenstrecken zur Realisierung des Schutzes vor elektrostatischen Entladungen weit verbreitet sind, bezieht sich die Prüfung bei 800 V auf die Beständigkeit gegen elektrostatische Entladungen unterhalb der Überschlagnspannung einer Funkenstrecke.

Tabelle 2 — Übersicht über die Prüfung im Modell des menschlichen Körpers

Entlade- spannung	Konfiguration	Polung	Anzahl der Proben	Anforderung
25 kV	5.1.6.2.1	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung
25 kV	5.1.6.2.2	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung
800 V	5.1.6.2.1	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung
800 V	5.1.6.2.2	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung

5.1.6.3.2 Entladung im Maschinenmodell

Es wird eine Kapazität von 2 500 pF und ein Reihenwiderstand von $0,5 \Omega$ gewählt und die Spannung des Entladegenerators wird auf $(25 \pm 0,1)$ kV eingestellt.

Innerhalb von 10 s oder weniger werden fünf aufeinanderfolgende Entladungen am Zünder durchgeführt. Dann wird die Polung des ESD-Generators umgekehrt und die Prüfung wiederholt (siehe Tabelle 3).

Es wird aufgezeichnet, ob der Zünder (oder die Anzündpille) zündet.

Es wird die Funktionsprüfung des Zünders nach Abschnitt C.1 durchgeführt.

Der Vorgang wird mit allen zu prüfenden Zündern in beiden Konfigurationen, d. h. Draht-gegen-Draht und Draht-gegen-Hülse, wiederholt.

Die Prüfung wird mit einem neuen Probensatz mit einer eingestellten Entladespannung von (800 ± 50) V wiederholt.

ANMERKUNG Da Funkenstrecken zur Realisierung des Schutzes vor elektrostatischen Entladungen weit verbreitet sind, bezieht sich die Prüfung bei 800 V auf die Beständigkeit gegen elektrostatische Entladungen unterhalb der Überschlagnsspannung einer Funkenstrecke.

Tabelle 3 — Überblick über die Prüfung im Maschinenmodell

Entlade- spannung	Konfiguration	Polung	Anzahl der Proben	Anforderung
25 kV	5.1.6.2.1	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung
25 kV	5.1.6.2.2	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung
800 V	5.1.6.2.1	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung
800 V	5.1.6.2.2	A-B, B-A	20	keine Zündung, funktionstüchtig nach der Prüfung

5.1.6.3.3 Entladung im Modell mit elektromagnetischen Impulsen

Es wird eine Kapazität von 2 500 pF und ein Reihenwiderstand von $0,5 \Omega$ gewählt und die Spannung des Entladegenerators wird auf $(20 \pm 0,1)$ kV eingestellt.

Der Zünder wird mit der längsten vom Hersteller festgelegten Verzögerungszeit programmiert und es wird ein Zündbefehl erteilt, die Zündvorrichtung wird getrennt und fünf aufeinanderfolgende Entladeimpulse werden in der Hälfte der programmierten Verzögerungszeit oder weniger angelegt (siehe Tabelle 4). Die Entladungen müssen so beginnen, dass die letzte Entladung bei $(80 \pm 5) \%$ der programmierten Verzögerungszeit durchgeführt wird.

Es wird davon ausgegangen, dass der Zünder (oder die Anzündpille) bei der programmierten Verzögerungszeit zündet. Es wird aufgezeichnet, ob die Zündung entsprechend der Programmierung erfolgt.

Der Vorgang wird mit allen zu prüfenden Zündern in beiden Konfigurationen, d. h. Draht-gegen-Draht und Draht-gegen-Hülse, wiederholt. In der Draht-gegen-Hülse-Konfiguration wird die eine Hälfte der zu prüfenden Zünder geprüft. Dann wird die Polung des ESD-Generators umgekehrt und die verbleibende Hälfte wird geprüft.

Tabelle 4 — Übersicht über die Prüfung im Modell mit elektromagnetischen Impulsen

Entladespannung	Konfiguration	Polung	Anzahl der Proben	Anforderung
20 kV	5.1.6.2.1	zufällig	20	Zündung bei programmierter Verzögerungszeit
20 kV	5.1.6.2.2	A-B	10	Zündung bei programmierter Verzögerungszeit
20 kV	5.1.6.2.2	B-A	10	Zündung bei programmierter Verzögerungszeit

5.1.7 Angabe der Ergebnisse

Die ID-Nummer des Zünders, das Entlademodell, die Entladespannung, die Konfiguration, die Funktionstüchtigkeit des Zünders nach der Prüfung oder eine unerwartete Zündung/keine Zündung/Zündung wie programmiert werden aufgezeichnet.

5.1.8 Prüfbericht

Der Prüfbericht sollte EN ISO/IEC 17025:2017, 7.8, entsprechen. Außerdem muss er die folgenden Informationen enthalten:

- für jeden geprüften Zünder: die ID-Nummer des Zünders, das Entlademodell, die Entladespannung, die Drahtkonfiguration, die Funktionstüchtigkeit des Zünders nach der Prüfung oder eine unerwartete Zündung/keine Zündung/Zündung wie programmiert;
- die Länge der Zünderdrähte, falls sie kürzer als 3,5 m sind.

5.2 Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen Überspannung

5.2.1 Einleitung

Zünder können mit transienten Überspannungen beansprucht werden, die durch den Kontakt mit elektrischen Leitungen wie Telefonleitungen oder Stromleitungen hervorgerufen werden.

Um die Fähigkeit von elektronischen Zündern, diesen angelegten Überspannungen ohne vorzeitiges Auslösen standzuhalten, zu bestimmen, ist es von grundlegender Bedeutung, den Widerstand gegen solche Spannungsspitzen zu überprüfen.

5.2.2 Anwendungsbereich

Es wird ein Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen Überspannung festgelegt.

5.2.3 Kurzbeschreibung

Das Prüfstück wird an eine Spannungsquelle angeschlossen und es ist zu überprüfen, ob eine Zündung erfolgt. Die Prüfspannung wird am Prüfstück in zwei Spannungsstufen und in zwei Konfigurationen angelegt.

5.2.4 Prüfeinrichtung

5.2.4.1 Gleichspannungsnetzteil, mit der Fähigkeit, Gleichspannung von (50 ± 1) V bei einer Stromstärke von ≥ 250 mA zu liefern

5.2.4.2 Wechselspannungsnetzteil, mit der Fähigkeit, eine Wechselspannung mit einer Frequenz von (50 ± 1) Hz und einer Spannung von bis zu (240 ± 10) V (Effektivwert) bei einer Stromstärke von ≥ 1 A zu liefern

5.2.5 Vorbereitung und Erhaltung von Proben und Prüfstücken

Es werden 120 elektronische Zünder des gleichen Typs mit der gleichen Ausführung und der kürzesten Zünderdrahtlänge entsprechend den Herstellerspezifikationen hergestellt. Alternativ können Zünder ohne Sekundärladung oder mit inerter Sekundärladung und einer funktionstüchtigen Anzündpille ausgewählt werden.

Die Zünder müssen mit Zünderdrähten mit einer Länge von $(3,50 \pm 0,05)$ m versehen sein, es sei denn, der Hersteller bietet Zünder mit kürzeren Zünderdrähten an, die dann mit einer festgelegten Länge $\pm 0,05$ m verwendet werden sollten.

Soweit notwendig, werden 10 mm bis 20 mm der Isolierung von den Zünderdrahtenden entfernt, um die Drähte an das Netzteil anschließen zu können.

Falls die elektronischen Zünder keine festen Zünderdrähte besitzen, sie aber über Vorrichtungen für den Anschluss von spezifischen Zünderdrähten verfügen, dann müssen die Drahtlängen entsprechend ausgewählt werden.

5.2.6 Durchführung

5.2.6.1 Allgemeines

Die Prüfung wird bei einer Umgebungstemperatur von (20 ± 5) °C und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 60 % durchgeführt.

Die Zünderdrähte werden abgewickelt, um das Prüfstück an die Stromversorgung anzuschließen, und der Rest des Drahtes bleibt so aufgewickelt, wie er vom Hersteller gefertigt wurde.

Die Prüfung wird mit beiden Spannungspegeln in beiden Konfigurationen an jeweils 30 Proben durchgeführt.

Falls die Zünder mehr als zwei Zünderdrähte besitzen, müssen alle Prüfungen so erweitert werden, dass alle möglichen Draht-gegen-Draht-Konfigurationen geprüft werden.

Wenn Zünderdrähte bauartbedingt in galvanischem Kontakt mit der Zünderkapsel stehen, dürfen sie bei der Prüfung in der Draht-gegen-Hülse-Konfiguration nicht mit den anderen Drähten verdreht werden.

5.2.6.2 Konfigurationen

5.2.6.2.1 Draht-gegen-Draht-Konfiguration

An den getrennten Enden der Zünderdrähte wird die Prüfspannung angelegt.

5.2.6.2.2 Draht-gegen-Hülse-Konfiguration

Die Enden der Zünderdrähte werden verdreht und zwischen den Enden der verdrehten Zünderdrähte und der Metallkapsel des Zünders wird die Prüfspannung angelegt.

5.2.6.3 Spannungspegel

5.2.6.3.1 Gleichspannung

Das Gleichspannungsnetzteil wird auf eine Spannung von (50 ± 1) V eingestellt und die Prüfspannung wird mit einer Dauer von ≥ 10 s an die Probe angelegt. Dann wird die Polung der Prüfspannung umgekehrt und die Prüfung wiederholt.

Es wird aufgezeichnet, ob der Zünder (oder die Anzündpille) zündet.

Der Vorgang wird mit allen 30 Proben in jeder Konfiguration wiederholt.

5.2.6.3.2 Wechselspannung

Das Wechselspannungsnetzteil wird auf eine Spannung von (240 ± 10) V eingestellt und die Prüfspannung wird mit einer Dauer von ≥ 10 s an die Probe angelegt.

Es wird aufgezeichnet, ob der Zünder (oder die Anzündpille) zündet.

Der Vorgang wird mit allen 30 Proben in jeder Konfiguration wiederholt.

5.2.7 Angabe der Ergebnisse

Die ID-Nummer des Zünders, der Spannungspegel, die Konfiguration und, ob eine unerwartete Zündung erfolgt ist, werden aufgezeichnet.

5.2.8 Prüfbericht

Der Prüfbericht sollte EN ISO/IEC 17025:2017, 7.8, entsprechen. Außerdem muss er die folgenden Informationen enthalten:

- a) für jeden geprüften Zünder: die ID-Nummer des Zünders, der angelegte Spannungspegel, die Drahtkonfiguration und, ob eine erwartete Zündung erfolgt ist;
- b) die Länge der Zünderdrähte, falls sie kürzer als 3,5 m sind.

5.3 Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen dynamischen Druck

5.3.1 Einleitung

Alle Zünder, die in Bohrlöcher eingelassen werden, die nebeneinander angeordnet sind, werden zum Zeitpunkt der Sprengung mit einem dynamischen Druck beansprucht. Elektronische Zünder enthalten empfindliche Elektronik und reagieren daher noch empfindlicher auf dynamischen Druck als herkömmliche pyrotechnische Zünder. Die Zünder, die dem Druck der angrenzenden Bohrlöcher ausgesetzt sind, könnten Versager oder Resonanzdetonationen (außer der Reihe) herbeiführen.

Dieses Verfahren bietet eine Möglichkeit zur Messung des Widerstandes gegen dynamischen Druck. Dieses Verfahren wird in einem mit Wasser gefüllten Behälter durchgeführt und nutzt Geberzünder, um den Druck auf die zu prüfenden Zünder auszuüben. Durch Änderung des Abstandes zwischen Geber- und Empfängerzünder können unterschiedliche Werte erzielt werden.

5.3.2 Anwendungsbereich

Es wird ein Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes von elektronischen Zündern gegen dynamischen Druck festgelegt.

5.3.3 Kurzbeschreibung

Das Prüfstück wird mit einem dynamischen Druck, der durch einen anderen Zünder erzeugt wird, beansprucht. Der zu prüfende Zünder (Empfängerzünder) und der Zünder, der die Stoßwelle erzeugt (Geberzünder), werden beide in einem festgelegten Abstand zueinander auf einem Stück Kunststoff befestigt. Der Prüfaufbau wird in Wasser getaucht und der Geberzünder wird gezündet, während der Empfängerzünder bewertet wird. Wenn ein Zünder mit dynamischem Druck beansprucht wird, wird eines der drei folgenden Ergebnisse erwartet: funktionstüchtig, Versager oder Resonanzdetonation. Informationen zum Ausfall bei dynamischem Druck sind in Anhang D enthalten.

5.3.4 Prüfeinrichtung

5.3.4.1 Geberzünder, Vergleichszünder nach prEN 13763-15:2021.

5.3.4.2 Fass, nach oben offen, mit einem Fassungsvermögen von mindestens 200 l für Wasser. Häufig als „Ölfass“ bezeichnet.

5.3.4.3 Kunststofffolien, zum Befestigen der Zünder. Der Zweck der Kunststofffolien ist es, die Zünder in Position zu halten, ohne die Stoßwelle zu beeinträchtigen.

5.3.4.4 Klebeband, wasserbeständig, zum Befestigen der Zünder auf den Kunststofffolien.

5.3.4.5 Stativ, zum Aufhängen der Zünder.

5.3.4.6 Messschieber, zum Messen des Abstandes zwischen den Zündern.

5.3.4.7 Zündvorrichtung für alle Zünder.

5.3.5 Vorbereitung und Handhabung von Proben und Prüfstücken

5.3.5.1 Fass

Das Fass wird auf eine weiche Oberfläche gestellt. Das Fass wird mit Wasser befüllt. Das Stativ, von dem die Zünder herunterhängen können, wird (mindestens 2 dm) über dem Fass angebracht.

5.3.5.2 Geberzünder

In Übereinstimmung mit den Anleitungen von prEN 13763-15:2021, Anhang A, werden Vergleichszünder verwendet, die entsprechend den Herstellerangaben die gleiche Zündstärke besitzen wie die zu prüfenden Zünder. Bei den Geberzündern kann es sich um elektronische, elektrische oder nicht-electrische Zünder handeln.

5.3.5.3 Prüfstücke (Empfängerzünder für die Ermittlung der Grenze einer Resonanzdetonation)

Es werden 30 Zünder eines Typs mit den gleichen Schaltkreisen und der gleichen Ausführung und der gleichen Zusammensetzung entsprechend den Herstellerspezifikationen ausgewählt, deren Anzündpille die gleiche Ausführung und die gleiche Zusammensetzung haben und deren Primärladung die gleiche Ausführung und die gleiche chemische Zusammensetzung haben und deren Sekundärladung die gleiche Ausführung und die gleiche chemische Zusammensetzung haben.

5.3.5.4 Prüfstücke (Empfängerzünder für die Ermittlung der Grenze eines Versagers)

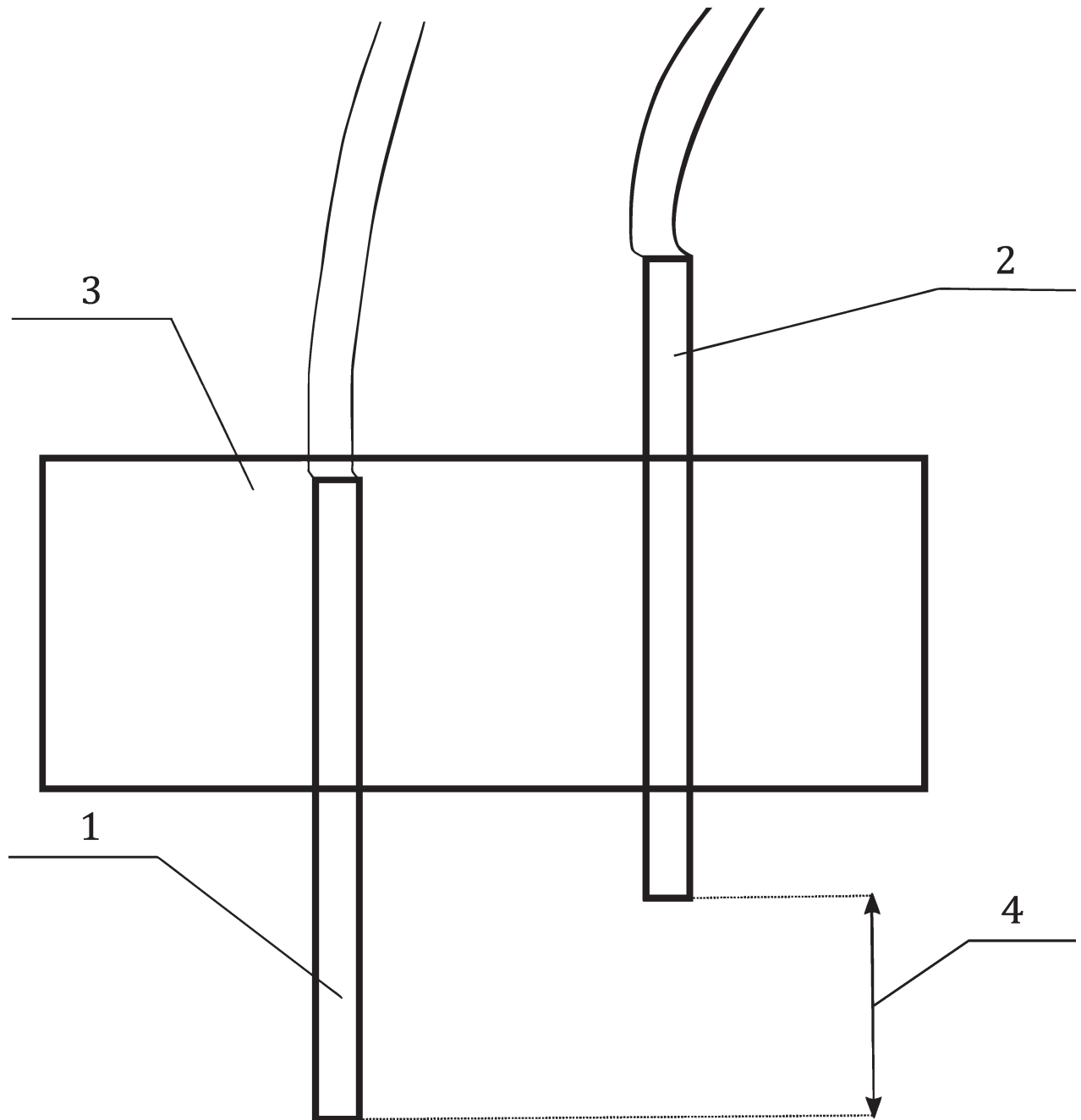
Es werden 30 Zünder einer Art mit den gleichen Schaltkreisen und gleicher Ausführung der Anzündpille ausgewählt.

Diese Zünder müssen speziell für diese Prüfung hergestellt worden sein. Die Zünder müssen ohne Sekundärladung gefertigt sein. Die Kapsel muss mit inertem Material gefüllt und mit dem gleichen Druck beaufschlagt sein wie für die Sekundärladung. Die Elektronik und die Anzündpillen müssen die gleichen sein wie für das Endprodukt.

ANMERKUNG Das inerte Material dient dazu, das Einschrumpfen der Kapsel zu unterstützen.

5.3.5.5 Befestigen der Zünder

Es wird der Abstand vom unteren Teil des Empfängerzünders bis zu dem Teil, das nach Herstellerangaben am empfindlichsten gegenüber dynamischen Druck ist, wie z. B. der Kondensator, gemessen. Dieser Abstand wird als Versatz verwendet, wenn die Zünder mit Klebeband an der Kunststoffolie befestigt werden (siehe Bild 5). Der Geberzünder wird mit dem Versatz so angeordnet, dass seine Sekundärladung auf den Empfängerzünder gerichtet ist.

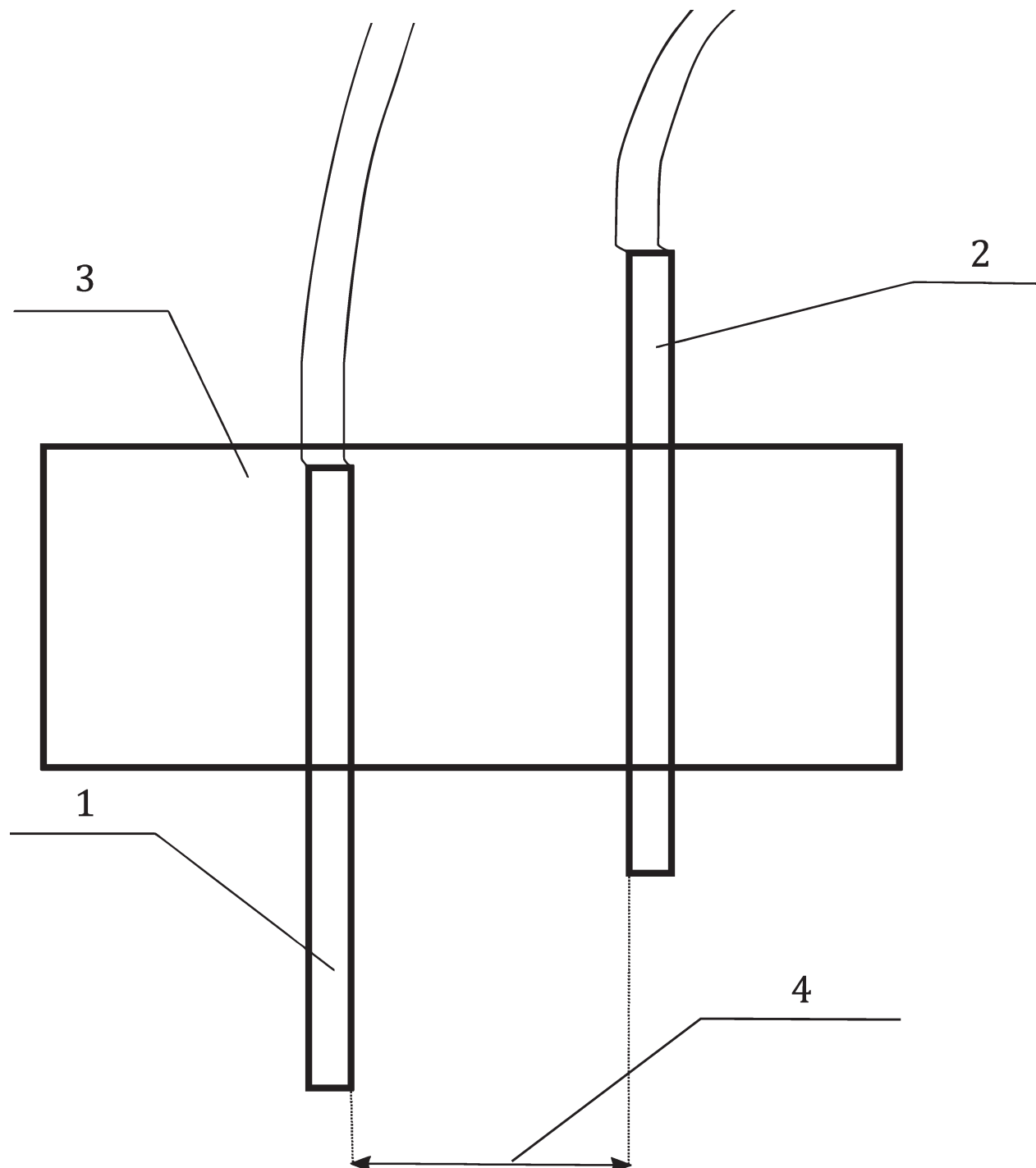


Legende

- 1 Empfängerzünden
- 2 Geberzünden
- 3 Kunststofffolie
- 4 Versatz

Bild 5 — Auf Kunststofffolie befestigter Geberzünden und Empfängerzünden — Längenversatz

Der Abstand zwischen dem Empfängerzünden und dem Geberzünden, wie in Bild 6 gezeigt, wird mit einem Messschieber gemessen. Der Empfängerzünden wird parallel zum Geberzünden angeordnet. Der Empfängerzünden muss für vergleichbare Ergebnisse immer im gleichen Winkel gedreht werden, damit sich die Elektronik immer in der gleichen Position befindet. Die Zünden müssen innerhalb ± 1 mm des festgelegten Abstandes angeordnet werden.

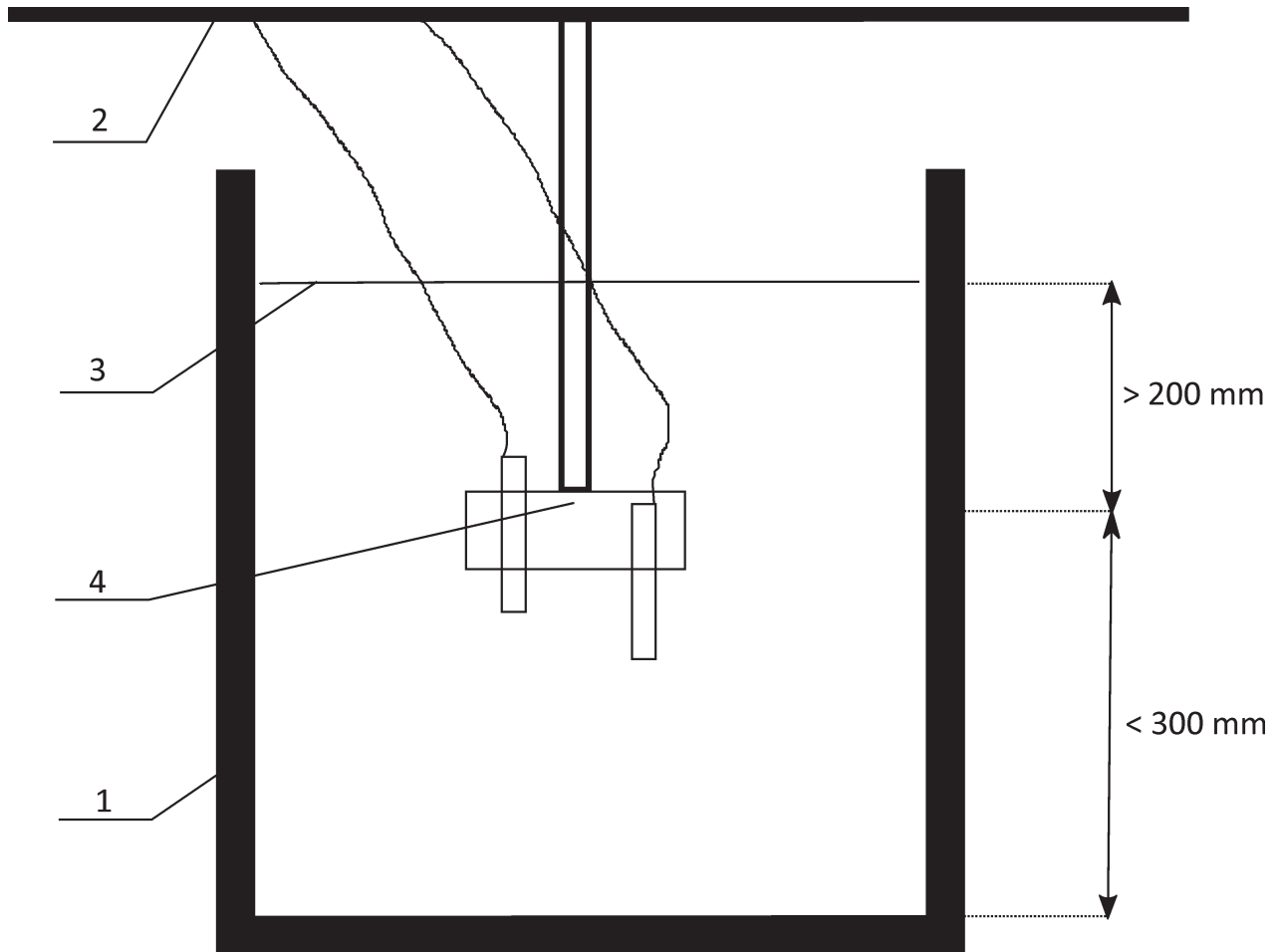


Legende

- 1 Empfängerzündern
- 2 Geberzündern
- 3 Kunststoffolie
- 4 Abstand zwischen Empfängerzündern und Geberzündern

Bild 6 — Auf Kunststoffolie befestigter Geberzündern und Empfängerzündern — Abstand

Nachdem die Zündern auf der Kunststoffolie befestigt worden sind, wird der Aufbau in ein mit Wasser gefülltes 200-l-Fass getaucht, wie in Bild 7 dargestellt.



Legende

- 1 Wasserbehälter
- 2 Stange zum Aufhängen der Zünder
- 3 Wasseroberfläche
- 4 auf Kunststoffolie befestigte Zünder

Bild 7 — Wasserbehälter

5.3.6 Durchführung

5.3.6.1 Ermittlung der Grenzen einer Resonanzdetonation

5.3.6.1.1 Allgemeines

Die Vorbereitung und Handhabung von Prüfstücken muss nach 5.3.5.3 erfolgen. Um die Grenze für eine Resonanzdetonation zu ermitteln, wird empfohlen, mit einer Versatzlänge von 10 mm zu beginnen.

5.3.6.1.2 Programmierung

Der Geberzünder, sofern elektronischer Art, wird mit einer beliebigen Verzögerungszeit programmiert. Der Empfängerzünder wird bei dieser Prüfung nicht angeschlossen.

5.3.6.2 Durchführung

Der Geberzünder wird mithilfe der Zündvorrichtung gezündet.

5.3.6.3 Verifizierung

Während der Druckbelastung wird keine Funktionsprüfung am Empfängerzünder durchgeführt. Der Empfängerzünder muss nach der Selbstentladezeit des elektronischen Schaltkreises aus dem Wasser genommen werden. Das Ergebnis der Prüfung wird aufgezeichnet. Im Falle einer Resonanzdetonation wird der Abstand zwischen den Zündern bei der nächsten Prüfung vergrößert. Tritt keine Resonanzdetonation auf, wird der Abstand verringert.

5.3.6.4 Ermittlung der Grenzen für Versager

Dieses Verfahren wird mit einem Geberzünder und einem scharfen Zünderdummy als Empfängerzünder durchgeführt. Vorbereitung und Handhabung von Proben und Prüfstücken erfolgen nach 5.3.5. Um die Grenze zwischen Funktions- und Versagermodus zu finden, wird empfohlen, mit einer Versatzlänge von 10 mm zu beginnen.

5.3.6.5 Programmierung

Der Empfängerzünder wird mit der längsten möglichen Verzögerungszeit programmiert.

Der Geberzünder, sofern elektronischer Art, wird mit einer Verzögerungszeit von 1 ms programmiert.

5.3.6.6 Durchführung

Die Sprengung wird durchgeführt. Falls der Geberzünder elektrischer Art ist, wird er unmittelbar gezündet, nachdem die elektronische Zündmaschine das Senden des Zündbefehls bestätigt hat.

Im Fall von Zündern, die nur eine Anzündpille besitzen und ansonsten mit inertem Material gefüllt sind, wird der Empfängerzünder aus dem Wasser genommen (entsprechend dem Verfahren für scharfe Zünder) und sicher abgelegt, um die Zündung einer Anzündpille innerhalb der Kapsel hören zu können.

5.3.6.7 Verifizierung

Falls die Zündung des Empfängerzünders nicht gehört werden kann, wird die Kommunikation des elektronischen Systems mit der Prüfeinrichtung überprüft. Das Ergebnis dieser Prüfung wird im Prüfbericht vermerkt.

Im Falle eines Versagers kann der Abstand zwischen den Zündern vergrößert werden und im Falle einer erfolgreichen Funktion kann der Abstand verringert werden. Mit dem kleinsten Abstand, bei dem eine volle Funktionstüchtigkeit erzielt wurde, sind 10 Zünder zu prüfen. Zu Beginn der Prüfung beträgt eine geeignete Schrittgröße 10 mm.

Falls der Empfängerzünder bei der Prüfung fehlgezündet hat und später fehlerfrei mit dem Prüfgerät für elektronische Zünder gemessen wird, kann der Zünder erneut gezündet werden. Zündet er bei dieser Prüfung, dann war der Ausfall nur vorübergehend und ist im Prüfbericht zu vermerken.

5.3.7 Angabe der Ergebnisse

Für jeden geprüften Zünder werden die Art des Geberzünders, der Versatz, der Abstand zwischen den Zündern und das Prüfergebn (vorübergehender Ausfall, Ausfall oder Resonanzdetonation) aufgezeichnet.