

DIN/TS 70116

DIN

ICS 43.060.50

**Straßenfahrzeuge –
Elektrische Anzünder pyrotechnischer Systeme –
Anforderungen und Prüfbedingungen;
Text Deutsch und Englisch**

Road Vehicles –
Electric igniters of pyrotechnic systems –
Requirements and test conditions;
Text in German and English

Véhicules routiers –
Allumeurs électriques des systèmes pyrotechniques –
Exigences et conditions d'essai;
Texte en allemand et anglais

Gesamtumfang 134 Seiten

DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil)

Inhalt

	Seite
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Anforderungen an elektrische Anzünder	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Mechanischer Aufbau und Materialien.....	9
4.2.1 Allgemeines	9
4.2.2 Pinbelegung.....	9
4.3 Anzünderwiderstand	10
4.4 Anzünderkapazität	10
4.5 Temperaturbereich	10
4.6 No-Fire-Bedingungen	11
4.7 All-Fire-Bedingungen.....	11
4.8 Isolationswiderstand	11
4.8.1 Für Anzünder mit Ableitung der elektrostatischen Entladung über leitfähige Materialien	11
4.8.2 Für andere Anzünder	11
4.9 Elektrische Belastung	11
4.10 ESD-Festigkeit.....	12
4.11 Zündverzugszeit.....	12
4.12 Einhaltung der Kennwerte	12
4.13 Anzünderfamilie	12
4.14 Druckverlauf	13
5 Prüfungen von elektrischen Anzündern	13
5.1 Prüfablaufplan.....	13
5.1.1 Allgemeines	13
5.1.2 Prüfablaufplan.....	14
5.2 Parameterprüfung	15
5.3 Prüfströme	15
5.4 Anzünderwiderstandsmessung während der Umweltprüfung.....	15
5.5 Falltest	15
5.6 Mechanischer Schock.....	16
5.7 Feuchte Wärme, zyklisch	16
5.8 Feuchte Wärme, konstant.....	17
5.9 Helium-Lecktest.....	18
5.9.1 Allgemeines	18
5.9.2 Prüfaufbau für Methode 3	18
5.9.3 Beurteilungskriterien.....	19
5.10 Temperaturwechselprüfung	19
5.11 Vibrationsprüfung.....	20
5.12 ESD-Prüfungen.....	21
5.12.1 Allgemeines	21
5.12.2 Prüfaufbau.....	22
5.12.3 Prüfablauf und Anforderungen	22
5.12.4 Beurteilungskriterien.....	23

5.12.5	Luftentladung bei schneller Annäherung der Hochspannungsquelle	23
5.12.6	Luftentladung mit definierter Funkenstrecke.....	23
5.12.7	Kontaktentladung mit Entladerelais.....	23
5.13	HF-Prüfung von elektrischen Anzündelementen	23
5.13.1	Allgemeines	23
5.13.2	Leitungsgeführte HF-Prüfung von elektrischen Anzündelementen.....	23
5.13.3	Gestrahlte HF-Prüfung von elektrischen Anzündelementen	27
5.14	Ablauf der statistischen Auswertung.....	31
5.14.1	Allgemeines	31
5.14.2	Definitionen und Abkürzungen.....	33
5.14.3	Quellenangaben zur statistischen Auswertung.....	33
5.15	Zündzeit-Prüfung	34
5.15.1	Allgemeines	34
5.15.2	Prüfungsarten und Prüfungsparameter	34
5.15.3	Prüfbedingung für die Ermittlung der Zündzeit	34
5.15.4	Durchführung der Prüfung	35
5.15.5	Berechnung der All-Fire-Zündzeit	35
5.15.6	Beurteilungskriterien.....	35
5.16	Hochstromprüfung	36
5.16.1	Allgemeines	36
5.16.2	Prüfungsparameter	36
5.16.3	Durchführung der Prüfung	36
5.16.4	Beurteilungskriterien.....	36
5.17	Zündprüfung nach No-Fire-Belastung	36
5.17.1	Allgemeines	36
5.17.2	Prüfungsparameter und Prüfbedingung	37
5.17.3	Durchführung der Prüfung	37
5.17.4	Berechnung des Zündstroms nach der No-Fire-Belastung	38
5.17.5	Beurteilungskriterien.....	38
5.18	No-Fire-Zündzeit-Prüfung.....	38
5.18.1	Allgemeines	38
5.18.2	Prüfungsparameter	39
5.18.3	Prüfbedingung für die Ermittlung der No-Fire-Zündzeit.....	39
5.18.4	Durchführung der Prüfung	39
5.18.5	Berechnung der No-Fire-Zündzeit	39
5.18.6	Beurteilungskriterien.....	39
5.19	Bauteilanalyse	39
5.20	Hochtemperaturprüfung	40
5.21	Temperaturschock.....	40
5.21.1	Allgemeines	40
5.21.2	Temperaturschock 1	41
5.21.3	Temperaturschock 2	41
5.21.4	Beurteilungskriterien.....	41
5.22	Wasserlagern und Trocknen.....	41
6	Dokumentation	42
7	Serienprüfung.....	42
8	Zusammenfassung Prüfbericht	42
8.1	Allgemeines	42
8.2	Angaben zum Prüfling	43
8.3	Spezifikation	43
8.4	Umweltprüfungen nach Prüfzweig 1a: Sequenzielle Prüfung Teil A.....	44
8.5	Umweltprüfungen nach Prüfzweig 1b: Sequenzielle Prüfung Teil B.....	44
8.6	Umweltprüfungen nach Prüfzweig 2: ESD-Prüfung.....	45
8.7	Umweltprüfungen nach Prüfzweig 3: HF-Prüfung	45

8.8	Umweltprüfungen nach Prüfzweig 4a: Hochtemperaturprüfung.....	45
8.9	Umweltprüfungen nach Prüfzweig 4b: Temperaturschock.....	46
8.10	Umweltprüfungen nach Prüfzweig 5: Anlieferzustand.....	46
8.11	Vergleich der Kennwerte.....	47
8.12	Nachweis der ESD-Festigkeit.....	48
8.13	Nachweis der HF-Festigkeit.....	49
8.14	Deltaqualifikation	49
8.15	Die Richtigkeit der Angaben wird bestätigt.....	49
9	Inerte Anzünder.....	50
10	Zusätzliche Anforderungen für Kunststoffsockel-Anzünder.....	50
10.1	Allgemeines	50
10.2	FMEA.....	50
10.3	Test auf die Auswirkung von Wasserdampfdurchlässigkeit.....	50
11	Schaltbilder und Hinweise zu den Prüfungen.....	50
11.1	Schaltung für Stromimpulserzeugung nach 5.15 und 5.18	50
11.2	Schaltung für Widerstandsmessung nach 5.4	52
11.3	Schaltung für die Hochstromprüfung nach 5.16	53
12	Änderungsdokumentation.....	53
Anhang A (informativ) FMEA Vorlage für Kunststoffsockel Anzünder.....		54
Anhang B (informativ) Prüfung auf die Auswirkung von Wasserdampfdurchlässigkeit		63
B.1	Allgemeines	63
B.2	Prüfung.....	63
B.3	Prüflinge	63
B.4	Durchzuführende Prüfungen	63
B.4.1	Prüfablaufplan.....	63
B.4.2	Parameterprüfung	64
B.4.3	Feuchte Wärme, konstant.....	64
B.4.4	Bauteilanalyse	64
B.4.5	Zündzeit-Prüfung a	65
B.4.6	Zündprüfung nach No-Fire-Belastung.....	65
B.5	Auswertung.....	65
Anhang C (informativ) Berechnung der Testdauer.....		66
C.1	Herleitung der Aktivierungsenergie	66
C.2	Temperaturprofil und Lebensdauerauslegung.....	66
C.3	Berechnung der Testdauer nach Arrhenius	67
Literaturhinweise.....		68

Bilder

Bild 1 — Beispiel Pinbelegung (links Anzünder, Rechts Anzünder in Schnittstelle nach ISO 19072-1:2019)	10
Bild 2 — Prüfablaufplan.....	14
Bild 3 — Prüfzyklus nach DIN EN 60068-2-30, Db Variante 1.....	17
Bild 4 — Prüfrichtungen der Prüflinge.....	18
Bild 5 — Prüfzyklus nach DIN EN 60068-2-14	20

Bild 6 — Vibrationsprofil nach ISO 16750-3:2012, Test IV	21
Bild 7 — Testkonfigurationen für ESD-Prüfungen.....	22
Bild 8 — Versuchsaufbau zur leitungsgeführten HF-Prüfung der Anzünder	24
Bild 9 — Platzierung der Anzünder unter der Sendeantenne	29
Bild 10 — Schaltung zur Terminierung der Anzünderleitungen	29
Bild 11 — Ablaufdiagramm für die statistische Auswertung.....	32
Bild 12 — Prüfungsprofil für Zündstrom nach No-Fire-Belastung	37
Bild 13 — Schaltung zur Stromimpulserzeugung.....	51
Bild 14 — Prinzipschaltbild für die Widerstandsmessung.....	52
Bild 15 — Blockschaltbild für die Widerstandsmessung	52
Bild 16 — Schaltung für Hochstromprüfung	53
Bild B.1 — Prüfablaufplan für Kunststoffanzünder.....	64

Tabellen

Tabelle 1 — Werte für die spektrale Leistungsdichte und die Frequenz	21
Tabelle 2 — Frequenzen (in MHz).....	24
Tabelle 3 — Prüfablauf und Testfrequenzen (in MHz).....	26
Tabelle 4 — Testsignale für die gestrahlte HF-Prüfung.....	30
Tabelle 5 — Widerstandswerte für R3 für die Prüfungen nach 5.15 und 5.18.....	51
Tabelle 6 — Betriebsspannungen	51
Tabelle A.1 — FMEA.....	54

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 052-00-32-02 AK „Umgebungsbedingungen“ im DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil) erarbeitet.

Technische Spezifikationen sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Eine Technische Spezifikation ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens von DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden Technischen Spezifikation wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen und Prüfungen an elektrische Anzünder für pyrotechnische Systeme fest.

Die Prüfungen nach Abschnitt 5 dienen zum Nachweis der Erfüllung der Anforderungen nach Abschnitt 4.

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).

DIN EN 60068-2-2, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-2: Prüfverfahren — Prüfung B: Trockene Wärme* (IEC 60068-2-2)

DIN EN 60068-2-14, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-14: Prüfverfahren — Prüfung N: Temperaturwechsel* (IEC 60068-2-14)

DIN EN 60068-2-17, *Umweltprüfungen — Teil 2-17: Prüfungen — Prüfung Q: Dichtheit* (IEC 60068-2-17)

DIN EN 60068-2-18, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-18: Prüfverfahren — Prüfung R und Leitfaden: Wasser* (IEC 60068-2-18)

DIN EN 60068-2-27, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-27: Prüfverfahren — Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken* (IEC 60068-2-27)

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

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

DIN EN 60068-2-78, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-78: Prüfverfahren — Prüfung Cab: Feuchte Wärme, konstant* (IEC 60068-2-78)

DIN EN 61000-4-2, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) — Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren — Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität* (IEC 61000-4-2)

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

ISO 554, *Standard atmospheres for conditioning and/or testing — Specifications*

ISO 5479, *Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution*

ISO 11452-9:2021, *Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy — Part 9: Portable transmitters*

ISO 16750-3:2012, *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 3: Mechanical loads*

ISO 19072-1:2019, *Road vehicles — Part 1: Connection interface for pyrotechnic devices, two-way and three-way connections*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Glas-Metall-Sockel-Anzünder

Sockel mit mindestens einer Glas-Metall-Durchführung für mindestens einen Kontaktstift

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Sockel ist in der Regel mit einer metallischen Kappe verschweißt, die direkt die Pyrotechnik enthalten kann.

3.2

Kunststoff-Sockel-Anzünder

Sockel, in dem die Kontaktstifte durch einen Kunststoff-Sockel geführt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der weitere Aufbau kann unterschiedlich sein. Kunststoff-Sockel-Anzünder können eingesetzt werden, wenn die zusätzlichen Anforderungen nach Abschnitt 10 erfüllt werden und der betroffene Kunde bzw. Anfordernde zustimmt.

3.3

Raumtemperatur

RT

Raumtemperatur von 23 °C, ist nach ISO 554 definiert

3.4

Zündung

unumkehrbares Auslösen der pyrotechnischen Sätze im Anzünder

3.5

Zündverzugszeit

Zeit vom Einschalten des Zündstromes bis zum Auftreten der äußeren Wirkung, wie Lichtblitz oder Schallsignal, oder Beginn des Druckanstiegs

3.6

Zündzeit

Zeit vom Einschalten des Zündstromes bis zum Zündzeitpunkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Um eine sichere Zündung zu gewährleisten, muss die Zündzeit kürzer sein als die Stromflussdauer des Zündstromes.

3.7

Zündzeitpunkt

Zeitpunkt der Zündung

Anmerkung 1 zum Begriff: Das unumkehrbare Auslösen der Pyrotechnik ist nicht direkt messbar. Daher kann zur Ermittlung des Zündzeitpunktes ersatzweise das Auftreten einer signifikanten Änderung des elektrischen Widerstandes des Anzünderes, des Lichtblitzes, eines Beschleunigungssignal, eines Schall- oder Körperschallsignales oder der Beginn des Druckanstiegs verwendet werden. Eine für den Anzünder typ geeignete Messmethode zur Bestimmung des Zündzeitpunktes ist auszuwählen.

4 Anforderungen an elektrische Anzünder

4.1 Allgemeines

Die Einhaltung dieser Anforderungen muss durch die Prüfungen nach Abschnitt 5 nachgewiesen werden.

Die typischen Kennwerte sind:

- Anzünderwiderstand;
- Mittelwert einer Stichprobe der Zündverzugszeit bei der All-Fire-Prüfung;
- All-Fire-Zündzeit;
- Zündstrom nach der No-Fire-Belastung;
- Mittelwert einer Stichprobe des maximalen Druckes in der Prüfkammer;
- Mittelwert einer Stichprobe des Zeitpunktes bei Erreichen von 90 % des maximalen Druckes in der Prüfkammer.

4.2 Mechanischer Aufbau und Materialien

4.2.1 Allgemeines

Der mechanische Aufbau muss das Eindringen von Fremdstoffen in den Anzünder ausschließen.

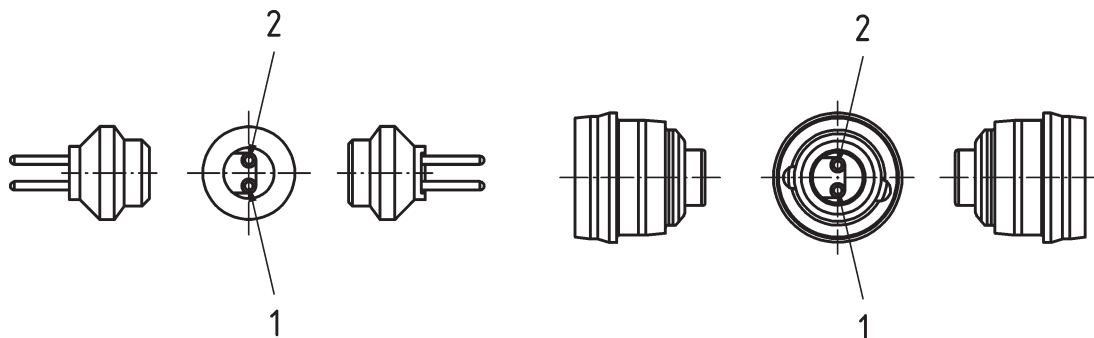
Die Materialien des Anzünders müssen die gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Die EU-Altfahrzeugrichtlinie 2000/53/EG enthält hierzu Vorgaben.

4.2.2 Pinbelegung

Die Kennzeichnung ermöglicht, diesen Pin an die LOW-Side-Endstufe des Airbagsteuergerätes anzuschließen.

An nicht symmetrisch aufgebauten Anzündern ist jeweils der Pin zu kennzeichnen, der während oder nach dem Zünden mit einer größeren Wahrscheinlichkeit einen Masseschluss aufweisen kann (siehe Bild 1).

Dieser Pin ist als Pin 1/Masse (GND) auf der Zeichnung zu vermerken.



Legende

- 1 Pin 1 / Masse (GND)
- 2 Pin 2 / Isoliert

Bild 1 — Beispiel Pinbelegung (links Anzünder, Rechts Anzünder in Schnittstelle nach ISO 19072-1:2019)

4.3 Anzünderwiderstand

Der Anzünderwiderstand ist der elektrische Widerstand zwischen den Kontaktstiften.

Nennwiderstand $\geq 1,7 \Omega$ und $\leq 2,5 \Omega$ im Betriebstemperaturbereich nach 4.5. Der Nennwiderstandsbereich für den Anzünder kann durch den Hersteller eingeschränkt werden.

Es ist anzustreben:

- Anzünderwiderstand nach erfolgter Auslösung: $\geq 100 \Omega$
- Widerstand zwischen den Kontaktstiften und dem Anzündergehäuse nach erfolgter Auslösung: $\geq 100 \Omega$

4.4 Anzünderkapazität

Die Anzünderkapazität ist die elektrische Kapazität zwischen den Kontaktstiften.

Die Maximalkapazität darf 100 nF im Betriebstemperaturbereich nach 4.5 nicht überschreiten.

4.5 Temperaturbereich

Der Betriebstemperaturbereich ist abgestimmt auf die Bedingungen im Fahrzeug. Hierbei treten z. B. im Dachbereich durch Sonneneinstrahlung oder im Motorraum gegenüber der Außentemperatur erhöhte Werte auf.

Für die Anwendung der pyrotechnischen Anzünder in Straßenfahrzeugen gelten folgende Temperaturbereiche über die Fahrzeuglebensdauer:

Betriebstemperaturen:

- -40°C bis 120°C (Einbauort: Motorraum aber nicht am Motor/ Kühler);
- -40°C bis 105°C (Innenraum Sonneneinstrahlung/ Karosserieanbau Dach).

Die genaue Verteilung der Temperaturen innerhalb der Temperaturbereiche sind Anhang C zu entnehmen.

Der Anzünder muss nach der Betriebstemperatur ausgelegt werden, welche vom Kunden vorgegeben wird. Der Kunde muss den Einsatz des Anzünders, ausgelegt nach der jeweiligen Betriebstemperatur, bestätigen.

4.6 No-Fire-Bedingungen

Die beiden No-Fire-Bedingungen stellen eine Abstimmung zwischen einem möglichst hohen No-Fire-Strom und den erforderlichen Auslösezeiten bei den All-Fire-Bedingungen dar.

Aufgrund von Einflüssen durch

- HF-Einstrahlung;
- Störimpulsen;
- defekten Endstufen;
- Prüfströmen

darf es nicht zur Zündung kommen.

Die Anzünder dürfen nicht zünden und die Kennwerte müssen eingehalten werden:

- bei einem Strom von $\leq 0,4$ A im Betriebstemperaturbereich nach 4.5.
- bei Stromimpulsen von $\leq 5,0$ A für eine Dauer von ≤ 4 μ s im Betriebstemperaturbereich nach 4.5.

Die Anzünder müssen beide Bedingungen erfüllen.

4.7 All-Fire-Bedingungen

Bei hohen Strömen besteht die Gefahr der Zerstörung des Anzünderelementes, ohne dass eine Zündung erfolgt.

Die Anzünder müssen zünden:

- Bedingung 1: stellt eine Zündung aus der Energiereserve dar: bei einem Strom $\geq 1,75$ A bis ≤ 40 A für eine Dauer $\leq 0,5$ ms im Betriebstemperaturbereich nach 4.5;
- Bedingung 2: stellt eine Bedingung bei Zündung mit reduzierter Energiereserve (z. B. Zündung aus dem Bordnetz) dar: bei einem Strom von $\geq 1,2$ A für eine Dauer ≤ 2 ms im Betriebstemperaturbereich nach 4.5.

Die Anzünder müssen beide Bedingungen erfüllen.

4.8 Isolationswiderstand

4.8.1 Für Anzünder mit Ableitung der elektrostatischen Entladung über leitfähige Materialien

Der Widerstand zwischen den Kontaktstiften und der Außenfläche darf 50 k Ω bei einer Prüfspannung von ≥ 100 V DC im Betriebstemperaturbereich nach 4.5 nicht unterschreiten.

4.8.2 Für andere Anzünder

Der Widerstand zwischen den Kontaktstiften und der Außenfläche darf 1 M Ω bei einer Prüfspannung von ≥ 500 V DC im Betriebstemperaturbereich nach 4.5 nicht unterschreiten.

4.9 Elektrische Belastung

Simuliert die elektrische Belastung im Betriebstemperaturbereich nach 4.5 während der gesamten Lebensdauer.

Dauerstrom:	100 mA
getakteter Strom:	100 mA; 10 ms „ein“, 20 ms „aus“
Stromanstieg für getakteten Strom:	$I_{tr} \geq 1$ A/ms

4.10 ESD-Festigkeit

Fehlauslösungen aufgrund elektrostatischer Entladung sind auszuschließen. Die ESD (Electro-Static-Discharge)-Ableitung darf nicht durch das Zündmittel erfolgen.

4.11 Zündverzugszeit

Um eine zeitgerechte Reaktion des Gasgenerators sicherzustellen, darf die Zündverzugszeit die angegebenen Grenzen nicht überschreiten.

Zündverzugszeit bei Zündung aus Energiereserve (Bedingung 1 nach 4.7):

$$I = 1,75 \text{ A: } \leq 0,7 \text{ ms}$$

Zündverzugszeit bei Zündung aus Bordnetz, Zündverzugszeit (Bedingung 2 nach 4.7):

$$I = 1,2 \text{ A: } \leq 2,2 \text{ ms}$$

Als Reaktionszeit des Zündmittels dürfen max. 0,2 ms auftreten.

Bei Überschreiten der Zündverzugszeit ist eine Zustimmung des Kunden des pyrotechnischen Systems erforderlich.

4.12 Einhaltung der Kennwerte

Die Kennwerte des Anzünders dürfen sich über die Lebensdauer, bezogen auf den Anlieferzustand, um maximal 20 % ändern und müssen innerhalb der Vorgaben dieses Dokuments bleiben.

4.13 Anzünderfamilie

Zur gleichen Anzünderfamilie werden Anzünder gezählt, die demselben Prozess unterliegen:

- identisches Design;
- identische Kennwerte (außer auf den Druck bezogene Werte);
- gleiche Art und gleiche Masse der Primärladung;
- gleiche Art der Sekundärladung (Primär- und Sekundärladung können von gleicher Art sein);
- gleiche Art der Tertiärladung.

Innerhalb einer Anzünderfamilie sind folgende Designabweichungen zulässig:

- Masse der Sekundärladung und Tertiärladung;
- Austausch der Sekundärladung oder Tertiärladung durch eine Inertmasse;
- Länge der Metall- und Kunststoff-Kappe;
- Länge der Kontaktstifte.

Die Qualifikation nach den Anforderungen in diesem Dokument wird innerhalb einer Anzünderfamilie anerkannt.

Bei folgenden Änderungen an einem nach diesem Dokument qualifizierten Anzünder, ist eine Deltaqualifikation zulässig:

- Masse der Primärladung;
- Form der Kunststoffummantelung;
- Art oder Farbpigmentierung der Kunststoffummantelung, sofern der Nachweis erbracht ist, dass die Änderung keinen Einfluss auf Kennwerte (nach Abschnitt 4) und die Dichtheit hat.

Die erforderliche Deltaqualifikation umfasst:

- die Zündzeit-Prüfung a (5.15) des Prüfzweigs 5;
- die Zündprüfung nach No-Fire-Belastung (5.17) des Prüfzweigs 5;
- den kompletten Prüfzweig 2 (einschließlich Temperaturwechselprüfung nach 5.10).

Deltaqualifikation auf Grund der HF Anforderungen nach 5.13.3.

- Bereits kundenspezifisch qualifizierte Anzünder, welche die Temperaturanforderung von 120 °C erfüllen, können durch den Nachweis einer Deltaqualifikation (Prüfzweig 5.13.3 „Gestahlte HF-Prüfung von elektrischen Anzündelementen“) zugelassen werden.

Wenn die geänderte Form der Kunststoffummantelung die zuverlässige Aufzeichnung einer Druckkurve nicht erlaubt, kann nach Absprache mit dem Kunden auf die Druckmessung verzichtet und die Zündverzugszeit mittels Lichtblitz oder Schallsignal ermittelt werden.

4.14 Druckverlauf

Die Messung des Druckverlaufs erfolgt in einer geschlossenen Prüfkammer mit einem Volumen von 3 cm³ bis 18 cm³. Für die Qualifikation eines Anzündertypen ist nur eine Volumengröße zulässig.

5 Prüfungen von elektrischen Anzündern

5.1 Prüfablaufplan

5.1.1 Allgemeines

Mit diesen Prüfungen ist die Einhaltung der Anforderungen nach Abschnitt 4 nachzuweisen.

Für alle physikalischen Größen sind folgende Toleranzen einzuhalten:

- Temperaturen: ± 2 °C;
- alle anderen Größen, wenn nicht angegeben: ± 2 %.

Prüfberichte von Lieferanten werden anerkannt. Werden Prüfungen extern vergeben, müssen diese von einem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten unabhängigen Institut durchgeführt werden. Die Akzeptanz der Prüfberichte bedingt keine automatische Freigabe der Anzünder.

Die Prüfberichte der Lieferanten werden anerkannt, wenn die Prüfungen nach den Anforderungen in diesem Dokument durchgeführt, vom Kunden oder der Partei, die die Prüfung beauftragt hat, bewertet und freigegeben wurden. Die Akzeptanz der Prüfberichte bedingt keine automatische Freigabe des Anzünders.

5.1.2 Prüfablaufplan

Der Prüfablauf ist im Bild 2 dargestellt.

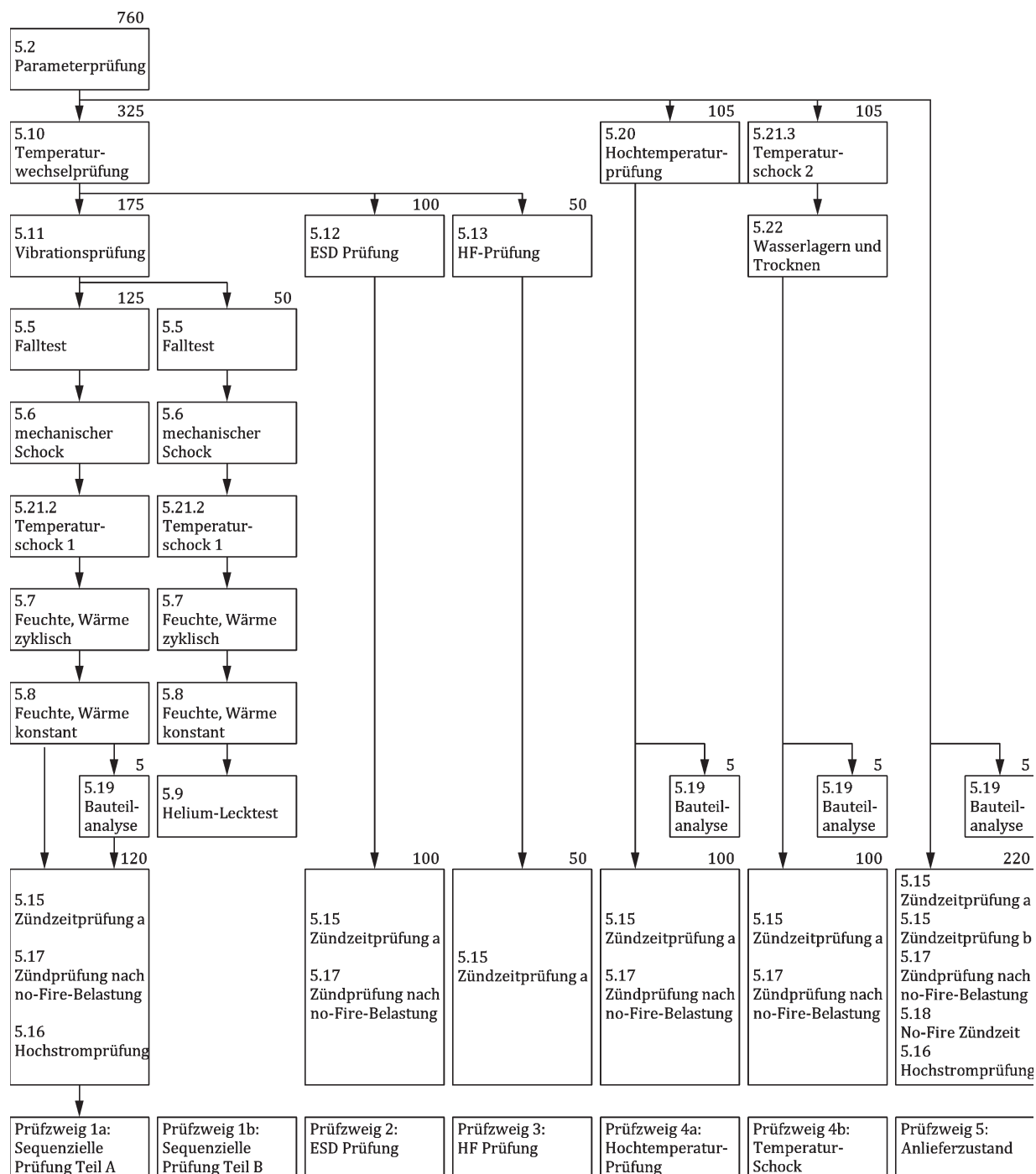


Bild 2 — Prüfablaufplan

5.2 Parameterprüfung

Prüftemperatur: RT

- a) Messung des Anzünderwiderstandes durch eine Vierpolmessung;
- b) Überprüfung der Entstörbauteile soweit vorhanden;
- c) Messung des Isolationswiderstandes zwischen den Anschlusskontakten und dem Gehäuse nach 4.8;
- d) Sichtprüfung: keine Verformung, Risse oder Abrisse, keine Korrosion.

Das Messergebnis darf durch das Prüfgerät nicht beeinflusst und der Prüfling darf nicht geschädigt werden. Die Parameterprüfung ist unmittelbar nach dem vorangegangenen Prüfabschnitt durchzuführen.

5.3 Prüfströme

Getakteter Strom nach 4.9.

Dauerstrom nach 4.9.

5.4 Anzünderwiderstandsmessung während der Umweltprüfung

Während der elektrischen Belastung wird der Anzünderwiderstand gemessen. Jeder Anzünder muss mindestens einmal je 10 Sekunden gemessen werden. Für jeden Anzünder wird mindestens einmal je 10 Minuten der Mindest-, Mittel- und Höchstwert gespeichert.

Für jedes Messintervall von 10 Minuten sind die Mindest-, Höchst- und Mittelwerte über alle Anzünder zu bilden und mit den zulässigen Grenzen in einem Diagramm $R = f(t)$ darzustellen.

Ein Beispiel für einen Messaufbau für die Anzünderwiderstandsmessung ist in einem Prinzipschaltbild in 11.2 angegeben.

Schaltbilder und Hinweise sind in 11.2 dargestellt.

5.5 Falltest

Falltests simulieren Handlingsprobleme in der Fertigung und beim Transport. Die Prüflinge müssen nach den Falltests voll funktionsfähig sein.

Durchführung nach DIN EN 60068-2-31.

Fallhöhe: 1 m

Falluntergrund: Beton- oder Stahlboden

Umgebungstemperatur: RT

Beanspruchungen je Prüfling: beide Richtungen einer Hauptraumachse .

Die Hauptachse wird von Prüfling zu Prüfling gewechselt.

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfung nach 5.2 bestanden wurde.

Für weitere Prüfungen dürfen verbogene Pins geradegebogen werden.

5.6 Mechanischer Schock

Mechanische Schock-Tests simulieren das Schließen von Fahrzeugtüren, Klappen, Lenksäulenverstellung, Sitzverstellung o. ä.

Die Prüfung der Schockfestigkeit erfolgt nach DIN EN 60068-2-27.

Vor Beginn der Prüfung müssen die Prüflinge in jeder Temperaturstufe durchtemperiert sein.

Schockform:	Halbsinus
Beschleunigung:	100 g
Dauer des Schocks:	6 ms
Prüftemperatur:	Je nach Anforderung des Anwenders, siehe 4.5 –40 °C, RT, 120 °C oder –40 °C, RT, 105 °C
Beanspruchung je Prüfling:	400 Schocks in beide Richtungen jeder Hauptachse und bei jeder Temperaturstufe.

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfung nach 5.2 bestanden wurde.

5.7 Feuchte Wärme, zyklisch

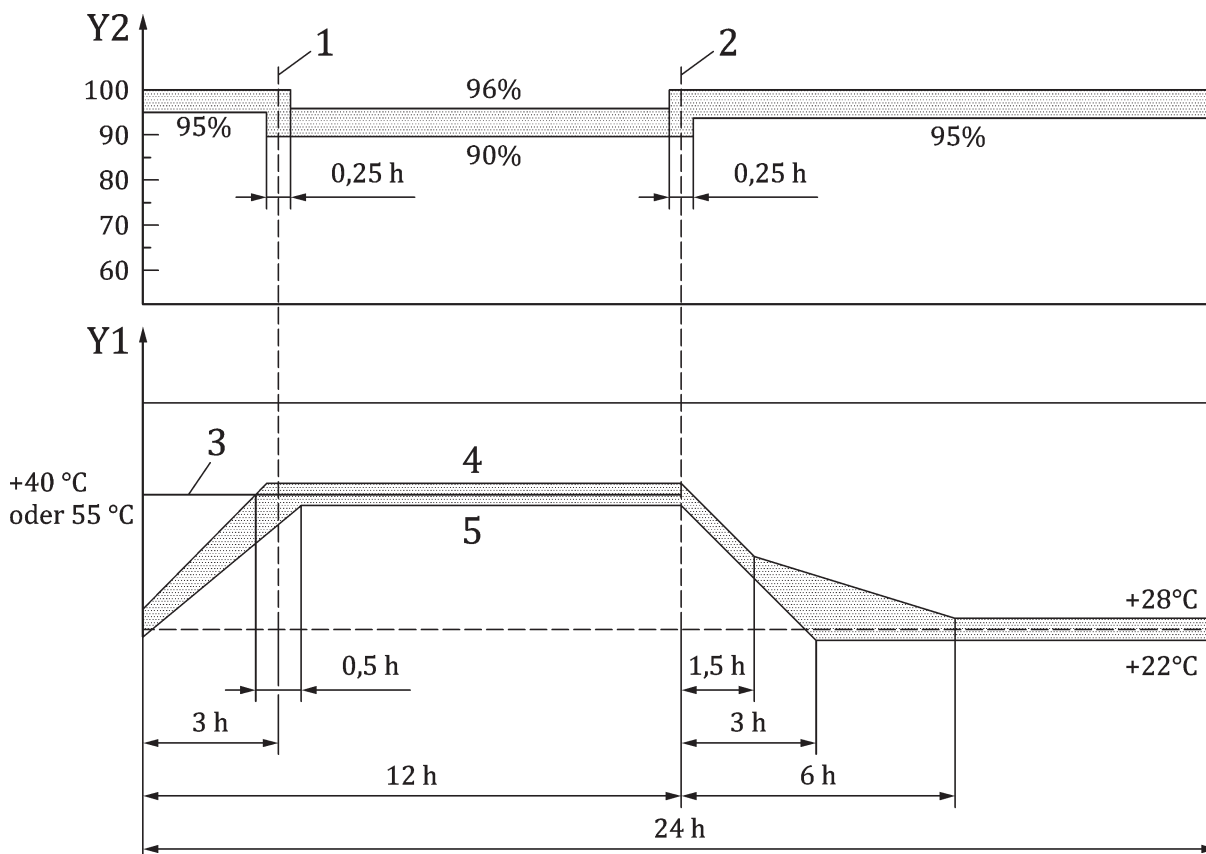
Simulation von Betrieb bei hoher Luftfeuchte, Einsaugen von Feuchtigkeit durch Pumpwirkung, Betauung. Dient zur Feststellung von Kriechströmen, Elektromigration, Korrosion. Der für die Simulation zu verwendende Prüfzyklus zeigt Bild 3.

Nach DIN EN 60068-2-30, Db Variante 1:

obere Temperatur:	55 °C
Anzahl der Zyklen:	9
elektrische Belastung:	getakteter Strom nach 4.9

Im Prüfzweig 1a: Anzünderwiderstandsprüfung nach 5.4 mit getaktetem Strom nach 4.9 während der gesamten Prüfdauer.

Im Prüfzweig 1b: Keine Anzünderwiderstandsprüfung.



Legende

- Y2 relative Luftfeuchte in %
- 1 Ende des Temperaturanstiegs
- 2 Beginn des Temperaturabfalls
- Y1 Lufttemperatur in der Prüfkammer
- 3 obere Temperatur
- 4 obere Temperatur 2 °C
- 5 untere Temperatur -2 °C

Bild 3 — Prüfzyklus nach DIN EN 60068-2-30, Db Variante 1

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfungen nach 5.2 bestanden wurden und für Bauteile im Prüfzweig 1a während der Prüfung die Widerstandsgrenzwerte nach 4.3 nicht überschritten wurden.

5.8 Feuchte Wärme, konstant

Diese Prüfung dient zum Nachweis der Dichtheit des Anzünders. Eine Aufnahme von Feuchtigkeit führt zum Verspannen, Erweichen, Quellen von Bauteilen bzw. Veränderung in der Pyrotechnik.

Nach DIN EN 60068-2-78, Prüfung CaB:

elektrische Belastung:	getakteter Strom nach 4.9
Prüfdauer:	56 Tage
Prüftemperatur:	Hochtemperatur (85 °C)
Prüffeuchte:	85 %

Im Prüfzweig 1a: Anzünderwiderstandsprüfung nach 5.4 mit getaktetem Strom nach 4.9 während der gesamten Prüfdauer.

Im Prüfzweig 1b: Keine Anzünderwiderstandsprüfung.

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfungen nach 5.2 bestanden wurden und für Bauteile im Prüfzweig 1a während der Prüfung die Widerstandsgrenzwerte nach 4.3 nicht überschritten wurden.

5.9 Helium-Lecktest

5.9.1 Allgemeines

Der Helium-Lecktest dient zum Nachweis der Dichtigkeit des Anzünders.

Kunststoffe können das Messergebnis aufgrund von Heliumeinlagerung verfälschen.

Das Eindringen von Feuchtigkeit und Gasen muss verhindert werden, damit die chemischen Eigenschaften der Pyrotechnik unverändert bleiben und die Zündbrücke nicht geschädigt wird.

Die Dichtheitsprüfung erfolgt nach DIN EN 60068-2-17 Prüfung Qk, Methode 1 (Helium-Aufnahme) oder Methode 3 (Helium Durchströmung), einschließlich zugehörigem Groblecktest. Die Methoden werden in DIN EN 60068-2-17 genauer beschrieben.

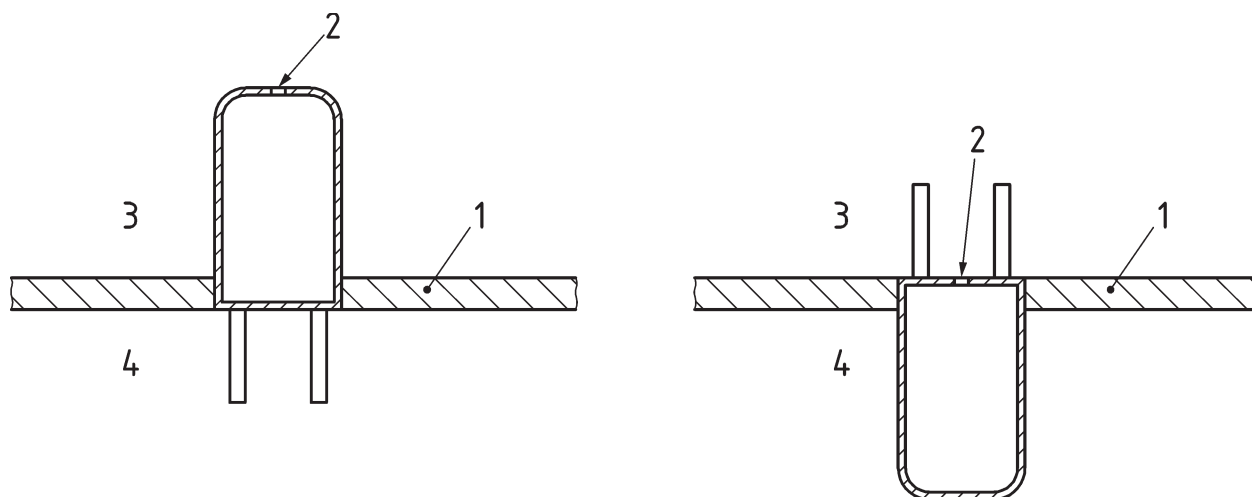
Der Helium-Lecktest kann ohne Kunststoffanteile durchgeführt werden.

Prüfgruppe Qk

- Methode 1 oder Methode 3;
- Leckrate: $\leq 10^{-6}$ mbar l/s.

5.9.2 Prüfaufbau für Methode 3

Die Prüfteile sind wie in Bild 4 gezeigt auf beide Prüfrichtungen gleichmäßig aufzuteilen.



Legende

- 1 Trennwand
- 2 Öffnung im Anzündergehäuse
- 3 Helium
- 4 Vakuum

Bild 4 — Prüfrichtungen der Prüflinge

5.9.3 Beurteilungskriterien

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Leckdaten entsprechend der DIN EN 60068-2-17 erfüllt werden.

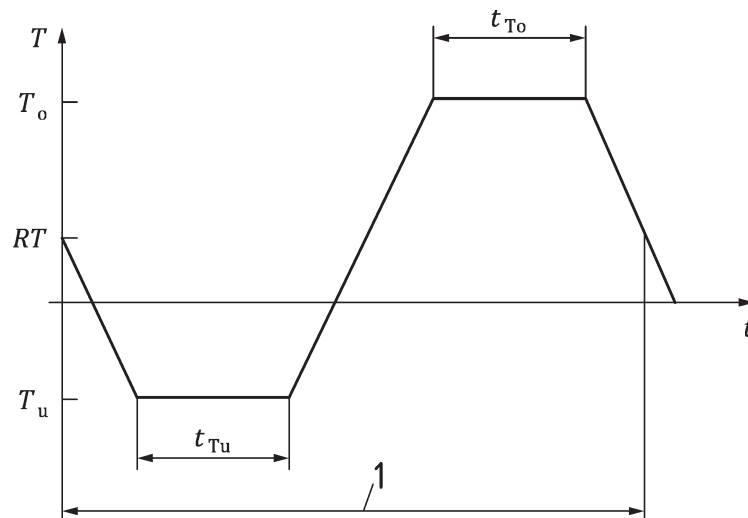
5.10 Temperaturwechselprüfung

Beanspruchung durch mechanische Spannungen bedingt durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten verschiedener miteinander verbundener Werkstoffe oder aufgrund von Temperaturgradienten auch innerhalb homogener Materialien.

Beanspruchung durch Betauung bei ansteigender Temperatur, wenn gleichzeitig die Temperatur der Komponente unter dem Taupunkt liegt, wodurch z. B. leitende Verbindungen (Elektromigration) auf verschmutzten Leiterplatten entstehen können.

Nach DIN EN 60068-2-14, Nb.

elektrische Belastung:	keine
Anzahl der Zyklen:	128 (21 d 8 h)
untere Betriebstemperatur T_U :	-40 °C
obere Betriebstemperatur T_O :	nach Anforderung des Anwenders, siehe 4.5 105 °C oder 120 °C
Temperaturgradient:	2 K/min
Verweilzeit bei t_{Tu} :	20 min
Verweilzeit bei t_{To} :	60 min
Zyklusdauer:	4 h
Prüfzyklus:	siehe Bild 5



Legende

- 1 ein Zyklus
- T_o obere Betriebstemperatur
- T_u untere Betriebstemperatur
- RT Raumtemperatur
- t_{To} Verweilzeit bei oberer Betriebstemperatur
- t_{Tu} Verweilzeit bei unterer Betriebstemperatur

Bild 5 — Prüfzyklus nach DIN EN 60068-2-14

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfungen nach 5.2 bestanden wurden.

5.11 Vibrationsprüfung

Vibrationen erzeugen in Bauteilen wechselnde mechanische Dehnungen und Stauchungen und daraus resultierende mechanische Spannungen, die zu Rissen und Brüchen führen können. Im Fall einer Resonanz können überhöhte Beanspruchungen entstehen.

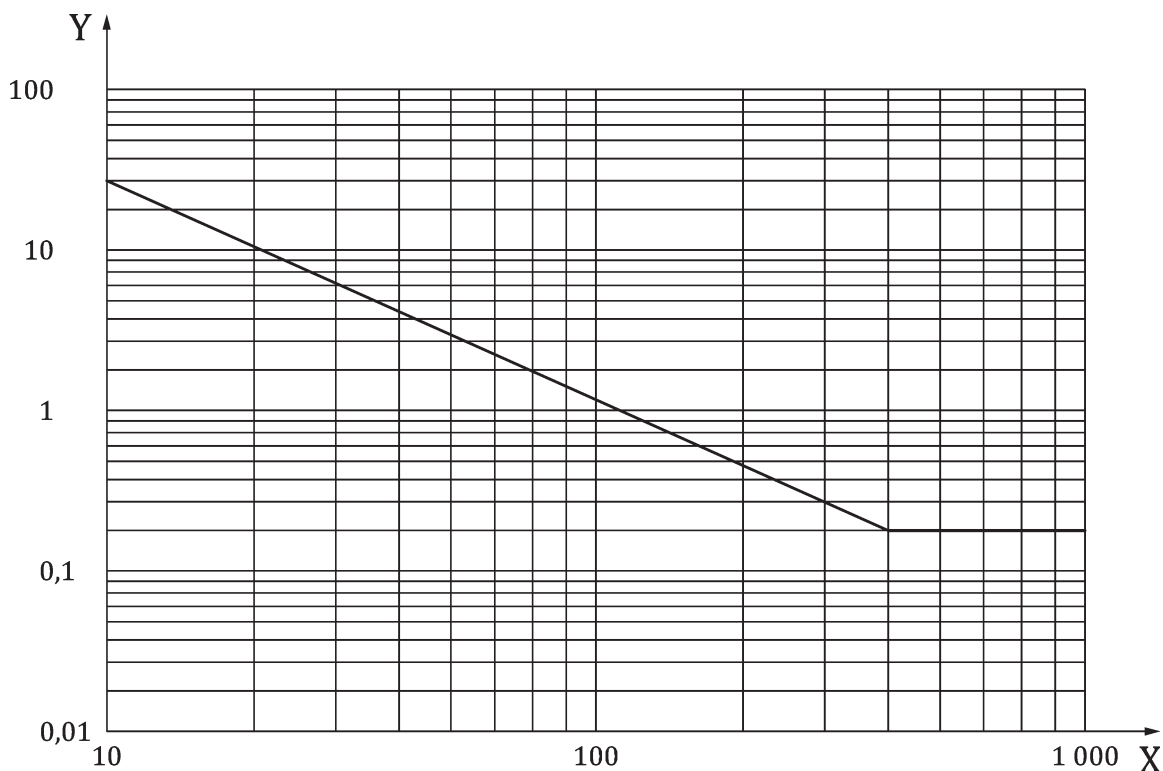
Die Vibrationen treten im Fahrbetrieb bei jeder Witterung und Jahreszeit auf. Deshalb wird der Vibrationsprüfung ein Temperaturzyklus überlagert.

Rauschprofil

Die Prüfung erfolgt nach ISO 16750-3:2012, Test IV.

Temperaturprofil nach 5.10 Temperaturwechselprüfung

Schwingungsart:	Breitbandrauschen
Prüffrequenzbereich:	10 Hz bis 1 000 Hz
Effektivwert der Beschleunigung:	27,1 m/s ²
Hauptraumachsen je Prüfling:	3 (jeder Prüfling muss in allen Hauptraumachsen geprüft werden)
Dauer der Belastung:	3 Temperaturzyklen je Hauptraumachse
Vibrationsprofil:	Siehe Bild 6



Legende

X Frequenz [Hz]

Y Spektrale Leistungsdichte (PSD) $[(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}]$

Bild 6 — Vibrationsprofil nach ISO 16750-3:2012, Test IV

Tabelle 1 — Werte für die spektrale Leistungsdichte und die Frequenz

X-Achse: Frequenz f in Hz	Y-Achse: Spektrale Leistungsdichte $(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$
10	30
400	0,2
1 000	0,2

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfung nach 5.2 bestanden wurde.

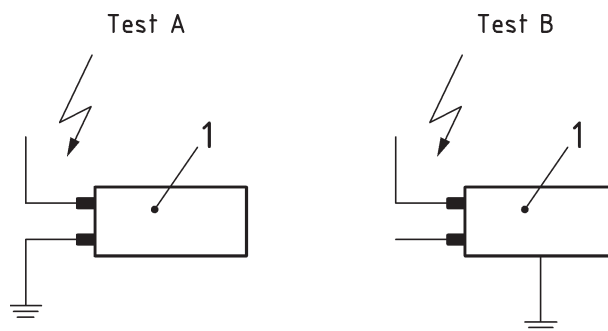
5.12 ESD-Prüfungen

5.12.1 Allgemeines

Elektrostatische Entladungen treten im Fahrzeug und in der Produktion auf. Diese dürfen nicht zur Schädigung der Bauteile führen, nicht die Eigenschaften des Anzünders verändern und nicht zur Zündung der Pyrotechnik führen.

5.12.2 Prüfaufbau

Die ESD-Prüfungen sind in den folgenden zwei Testkonfigurationen vorzunehmen (siehe Bild 7):



Legende

Test A Entladung Pin zu Pin.

Test B Entladung an jedem Einzelpin zum geerdeten Gehäuse.

1 Anzünder

Bild 7 — Testkonfigurationen für ESD-Prüfungen

Für den Prüfaufbau gelten folgende Randbedingungen:

- Die Prüfungen erfolgen ohne den im Leitungsstrang evtl. vorhandenen EMV-Schutz wie Drossel oder Ferrit (z. B. Serienstecker mit kurzgeschlossener EMV-Drossel) sowie bei geöffneter Kurzschlussbrücke, sofern vorhanden. Die Länge der Anschlussleitungen bei den beiden Testkonfigurationen beträgt 150 mm (Einzelleitung, 0,5 mm² Querschnitt, nicht verdreht);
- Die ESD-Ladung wird am Ende der Leitung eingespeist;
- Test A und Test B sind an beiden Pins vorzunehmen;
- Bei koaxialen Anzündern/kunststoffisolierten Gehäusen erfolgt die Kontaktierung über eine geeignet angebrachte passgenaue, metallische Umhüllung;
- Der Aufbau ist zu fotografieren und zu dokumentieren.

5.12.3 Prüfablauf und Anforderungen

Prüfgenerator nach DIN EN 61000-4-2, abweichend davon:

- Entladenetzwerk $R_i = 150 \, \Omega$ und $C_i = 150 \, \text{pF}$;
- maximale Entladespannung 25 kV.

Die ESD-Prüfung wird bei Raumtemperatur unter klimatischen Bedingungen nach DIN EN 61000-4-2 durchgeführt. Die Anzünder sind zu nummerieren.

Jeder Anzünder muss alle unter 5.12 genannten Prüfungen durchlaufen. Die Anzünder 1 bis 50 werden in der angegebenen Reihenfolge der Testkonfiguration (Test A, Test B) und die Anzünder 51 bis 100 werden in umgekehrter Reihenfolge der Testkonfiguration (Test B, Test A) geprüft.

Die Entladespannungen sind für die Prüfungen nach 5.12.2 bis 5.12.7 in der angegebenen Reihenfolge vorzunehmen.

5.12.4 Beurteilungskriterien

Die Prüfung ist bestanden, wenn während der ESD-Prüfung keine Zündung erfolgte und:

- alle ESD-geprüften Anzünder die Parameterprüfung nach 5.2;
- die Zündprüfung mit den Anzündern 1 bis 25 und 51 bis 75 nach 5.15, Prüfung 5.15.2 a; und
- die Anzünder 26 bis 50 und 76 bis 100 die Prüfung nach 5.17

bestanden haben.

5.12.5 Luftentladung bei schneller Annäherung der Hochspannungsquelle

- Prüfspannung 25 kV;
- je 10 Impulse (Wartezeit > 5 s) mit positiver/negativer Polarität;
- Annäherung der Hochspannungsquelle mit mindestens 20 mm/s, bis es zur Entladung kommt.

5.12.6 Luftentladung mit definierter Funkenstrecke

Prüfspannungen und Funkenstrecke:

10 kV	1,5 mm
15 kV	2,5 mm
20 kV	5,0 mm
25 kV	7,5 mm

- je 10 Impulse (Wartezeit > 5 s) mit positiver/negativer Polarität.

5.12.7 Kontaktentladung mit Entladerelais

- Prüfspannungen: 2 kV, 4 kV, 6 kV, 8 kV;
- je 10 Impulse (Wartezeit > 5 s) mit positiver/negativer Polarität.

5.13 HF-Prüfung von elektrischen Anzündelementen

5.13.1 Allgemeines

Im Fahrzeug und in der Produktion treten elektromagnetische Felder auf. Diese dürfen nicht zur Schädigung der Bauteile führen, nicht die Eigenschaften des Anzünders verändern und nicht zur Zündung der Pyrotechnik führen.

Die Prüfungen sind, ohne den im Serieneinsatz vorgesehenen Stecker und den darin enthaltenen EMV-Schutz, durchzuführen.

5.13.2 Leitungsgeführte HF-Prüfung von elektrischen Anzündelementen

5.13.2.1 Prüfvorgaben

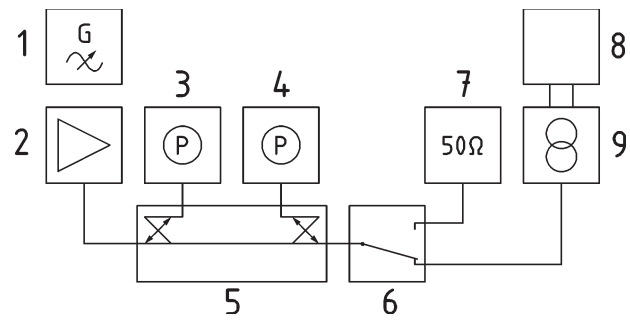
Durch die im folgendem beschriebenen Prüfungen soll die Störfestigkeit gegenüber eingekoppelten Hochfrequenzfeldern im Frequenzbereich von 1 MHz bis 2,5 GHz sichergestellt werden.

Die HF-Prüfung wird bei Raumtemperatur unter klimatischen Bedingungen nach DIN EN 61000-4-2 durchgeführt.

5.13.2.2 Prüfmittel

Der Aufbau und die erforderlichen Prüfmittel sind in Bild 8 dargestellt. Um die Leistungseinspeisung zu vereinfachen, ist es zulässig verlustfreie Reaktanz-Anpassungsnetzwerke mit möglichst wenigen Elementen zu verwenden. Diese Anpassungsnetzwerke müssen dann in unmittelbarer Nähe zum elektrischen Anzünder angebracht werden. Die bei Impedanzmessungen in den Anzünder eingespeiste Leistung muss weniger als 1 mW betragen, damit die Anzünder nicht vorgeschädigt werden.

Die Leitungslänge zwischen Richtkoppler und Anzünder muss kürzer als 250 mm sein.



Legende

- 1 Signalgenerator
- 2 Leistungsverstärker
- 3 Leistungsmesser p_v
- 4 Leistungsmesser p_r
- 5 Richtkoppler
- 6 Koaxialrelais
- 7 Abschlusswiderstand
- 8 Anzünder mit zugehörigem Steckverbinder
- 9 Anpassungsnetzwerk und Messadapter

Bild 8 — Versuchsaufbau zur leitungsgeführten HF-Prüfung der Anzünder

5.13.2.3 Prüfsignale

Die Störsignale sind nach den folgenden Anforderungen umzusetzen:

- Frequenzbereich: 1 MHz bis 2 500 MHz
- Verweildauer/Frequenzschritt: 10 s
- In den Anzünder einzuspeisende Nettovorlaufleistung: P_{NF} (Pin-to-Pin Prüfung) = 320 mW

Jeder Prüfling ist in dem angegebenen Frequenzbereich mit einem sinusförmigen Signal zu untersuchen. Als Nachweis reichen die in Tabelle 2 beschriebenen 25 Frequenzen.

Tabelle 2 — Frequenzen (in MHz)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frequenz	7,2	10	14,2	27	28,5	40	52	73	100	146
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Frequenz	154	165	223	250	460	830	870	915	1 000	1 350
	21	22	23	24	25					
Frequenz	1 500	1 800	2 100	2 400	2 500					

5.13.2.4 Durchführung der Prüfung

Die Anzünder sind zu nummerieren. Der DC-Widerstand aller Anzünder ist zu messen und zu dokumentieren. Die bei den Tests zu verwendenden Frequenzen sind in Tabelle 3 dargestellt. Jeder Anzünder wird mit 5 verschiedenen Frequenzen getestet.

Zur Prüfung der Anzünder sind die folgenden Schritte durchzuführen:

- 1) Signalgenerator wird auf die für den 1. Anzünder erforderliche Frequenz laut Tabelle 3 (1. Anzünder, 1. Frequenz) eingestellt. Das Koaxialrelais ist auf den $50\ \Omega$ Abschlusswiderstand geschaltet. Die eingespeiste Leistung wird auf 1 mW eingestellt;
- 2) Der erste Anzünder wird an den Prüfaufbau angeschlossen und das Signal über das Koaxialrelais auf den Anzünder umgeschaltet;
- 3) Der Reflexionsfaktor wird gemessen. Es muss sichergestellt sein, dass die eingespeiste Leistung weniger als 1 mW beträgt. Anhand des Reflexionsfaktors kann berechnet werden, ob die zur Verfügung stehende Leistung ausreicht, um die geforderte Leistung einzuspeisen;
- 4) Genügt die zur Verfügung stehende Leistung voraussichtlich nicht, muss ein verlustfreies Anpassungsnetzwerk, das den Reflexionsfaktor reduziert, dimensioniert und eingebaut werden. Die Ergebnisse von vorher durchgeführten Impedanzmessungen können hierbei verwendet werden.
- 5) Die notwendige Leistung wird berechnet und bei angeschlossenem $50\ \Omega$ Abschlusswiderstand eingestellt;
- 6) Das Koaxialrelais wird umgeschaltet. Sollte die nun eingespeiste Leistung nicht dem geforderten Wert entsprechen, muss die eingespeiste Leistung innerhalb der ersten 1 s des Tests auf den geforderten Wert nachgeregelt werden;
- 7) Der Anzünder wird die geforderte Zeit mit der geforderten Leistung beaufschlagt und das Verhalten beobachtet;
- 8) Kommt es zu einer Zündung, ist der Test abubrechen;
- 9) Der Signalgenerator ist auf die nächste Frequenz nach Tabelle 3 einzustellen, und es ist entsprechend den Punkten 1 bis 8 zu verfahren;
- 10) Punkte 1 bis 9 werden entsprechend Tabelle 3 wiederholt, bis alle 50 Anzünder mit allen geforderten 5 Frequenzen getestet sind.

Tabelle 3 — Prüfablauf und Testfrequenzen (in MHz)

Testablauf					
	Testfrequenz f_k [MHz] für den n-ten Test				
Anzünder i	1	2	3	4	5
1	7,2	1 500	830	154	40
2	10	1 800	870	165	52
3	14,2	2 100	915	223	73
4	27	2 400	1 000	250	100
5	28,5	2 500	1 350	460	146
6	40	7,2	1 500	830	154
7	52	10	1 800	870	165
8	73	14,2	2 100	915	223
9	100	27	2 400	1 000	250
10	146	28,5	2 500	1 350	460
11	154	40	7,2	1 500	830
12	165	52	10	1 800	870
13	223	73	14,2	2 100	915
14	250	100	27	2 400	1 000
15	460	146	28,5	2 500	1 350
16	830	154	40	7,2	1 500
17	870	165	52	10	1 800
18	915	223	73	14,2	2 100
19	1 000	250	100	27	2 400
20	1 350	460	146	28,5	2 500
21	1 500	830	154	40	7,2
22	1 800	870	165	52	10
23	2 100	915	223	73	14,2
24	2 400	1 000	250	100	27
25	2 500	1 350	460	146	28,5
26	7,2	1 500	830	154	40
27	10	1 800	870	165	52
28	14,2	2 100	915	223	73
29	27	2 400	1 000	250	100
30	28,5	2 500	1 350	460	146
31	40	7,2	1 500	830	154
32	52	10	1 800	870	165
33	73	14,2	2 100	915	223
34	100	27	2 400	1 000	250
35	146	28,5	2 500	1 350	460
36	154	40	7,2	1 500	830
37	165	52	10	1 800	870
38	223	73	14,2	2 100	915
39	250	100	27	2 400	1 000
40	460	146	28,5	2 500	1 350

Testablauf					
	Testfrequenz f_k [MHz] für den n-ten Test				
Anzünder i	1	2	3	4	5
41	830	154	40	7,2	1 500
42	870	165	52	10	1 800
43	915	223	73	14,2	2 100
44	1 000	250	100	27	2 400
45	1 350	460	146	28,5	2 500
46	1 500	830	154	40	7,2
47	1 800	870	165	52	10
48	2 100	915	223	73	14,2
49	2 400	1 000	250	100	27
50	2 500	1 350	460	146	28,5

5.13.2.5 Beurteilungskriterien

Die Prüfung nach 5.13.2 ist bestanden, wenn während der HF-Prüfung keine Zündung erfolgt ist und alle HF-geprüften Anzünder:

- die Parameterprüfung nach 5.2;
- die Anzünder 1 bis 50 die All-Fire-Zündzeit-Prüfung nach 5.15 Prüfung 5.15.2 a bestanden haben.

5.13.3 Gestrahlte HF-Prüfung von elektrischen Anzündelementen

5.13.3.1 Prüfvorgaben

Durch die im folgendem beschriebenen Prüfungen soll die Störfestigkeit gegenüber gestrahlten Hochfrequenzfeldern im Frequenzbereich von 800 MHz bis 6 GHz sichergestellt werden. Hierbei werden insbesondere tragbare Sender simuliert.

Die HF-Prüfung wird nach ISO 11452-9:2021 in einer Schirmkabine durchgeführt.

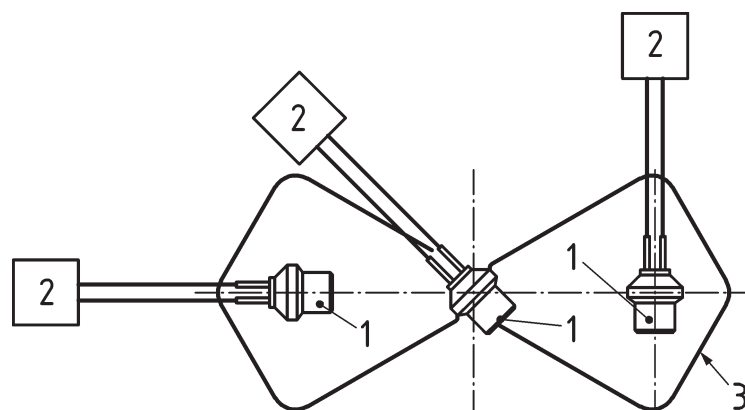
5.13.3.2 Prüfmittel

Der Prüfaufbau erfolgt nach ISO 11452-9 mit der (Mikrowellen) Breitband Dipolantenne. Der Abstand zwischen Sendeantenne und Anzündelement beträgt 50 mm. Die Anzündelemente werden auf einer Unterlage mit niedriger relativer Permittivität ($\epsilon_r \leq 1,4$) platziert. Die Antenne befindet sich dabei parallel zum Prüftisch. Es ist zulässig, die Antenne mit einer durchsichtigen Polymethylmethacrylat-Scheibe zu schützen. Die Scheibe darf nicht dicker als 3 mm sein.

Abweichend vom normativen Aufbau werden gleichzeitig 3 Anzünder (siehe Bild 9) unter der Sendeantenne platziert.

Alternativ dürfen andere Sendeantennen nach ISO 11452-9 verwendet werden. Liegt eine unsymmetrische Feldverteilung vor, müssen die Anzündelemente einzeln geprüft werden.

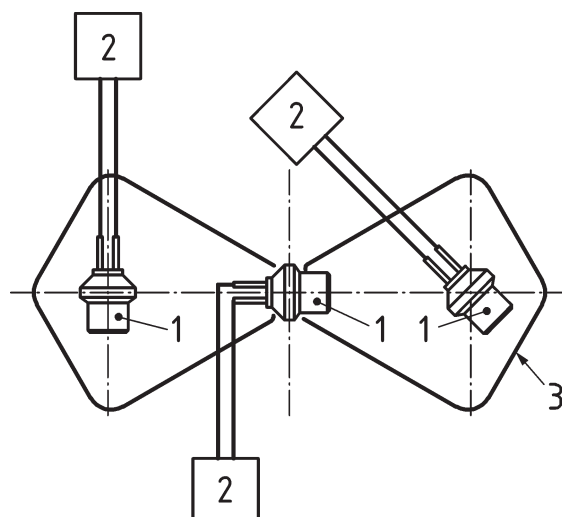
Die Leitungslänge der Anzünder muss kürzer als 250 mm sein. Die offenen Leitungen werden mit der Schaltung (siehe Bild 10) terminiert. Die Schaltung zur Terminierung muss außerhalb der Antennenfläche liegen, um eine Beeinflussung zu verringern. Sollte die Terminierung aufgrund des geplanten Zündkreises anders definiert werden, so ist dies im Prüfplan festzuhalten.



Legende

- 1 Anzündelement
- 2 Schaltung zur Terminierung
- 3 Sendeantenne

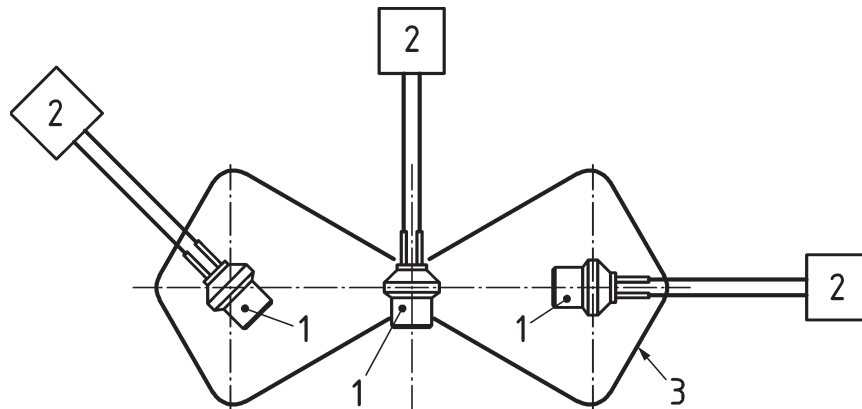
a) Position 1



Legende

- 1 Anzündelement
- 2 Schaltung zur Terminierung
- 3 Sendeantenne

b) Position 2

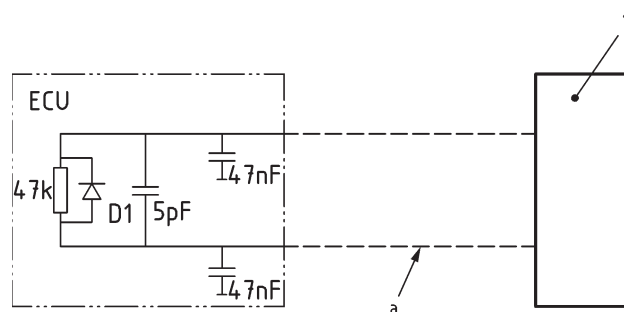


Legende

- 1 Anzündelement
- 2 Schaltung zur Terminierung
- 3 Sendeantenne

c) Position 3

Bild 9 — Platzierung der Anzünder unter der Sendeantenne



Legende

- D1 Halbleiterdiode, zum Beispiel 1N4148
- a Kabel max. 250 mm, unverdrillter Draht
- 1 Anzünder

Bild 10 — Schaltung zur Terminierung der Anzünderleitungen

5.13.3.3 Prüfsignale

Die Prüfsignale sind nach den folgenden Anforderungen umzusetzen:

Verweildauer/Frequenzschritt: 2 s

Jeder Prüfling ist nach Tabelle 4 mit einem modulierten Signal zu untersuchen.

Tabelle 4 — Testsignale für die gestrahlte HF-Prüfung

Test Nummer	Dienst oder Band	Frequenzbereich MHz	Maximale Frequenzschrittweite kHz	Nettoleistung W	Modulation
1	GSM 850 GSM 900 (Mobiltelefon)	824 bis 849 876 bis 915	500	3 (Peak)	PM 217 Hz 50 % duty cycle
2	GSM 1 800/1 900 (Mobiltelefon)	1 710 bis 1 785 1 850 bis 1 910	1 000	1,5 (Peak)	PM 217 Hz 50 % duty cycle
3	UMTS (Mobiltelefon)	824 bis 849 880 bis 915 1 850 bis 1 980 1 885 bis 2 025 1 920 bis 1 980	2 000	1,5 (Peak)	PM 1 600 Hz 50 % duty cycle
4	Bluetooth, WIFI	2 400 bis 2 500	4 000	1,5 (Peak)	PM 1 600 Hz 50 % duty cycle
5	LTE und 5G (Mobiltelefon)	452 bis 458 698 bis 803 807 bis 862 880 bis 915 1 427 bis 1 463 1 625 bis 1 661 1 710 bis 1 785 1 850 bis 2 025 2 300 bis 2 400 2 496 bis 2 690 3 400 bis 3 800	2 000	1,5 (Peak)	PM 1 000 Hz 10 % duty cycle
6	IEEE 802.11a (WIFI)	5 150 bis 5 850	4 000	1 (Peak)	PM 1 600 Hz 50 % duty cycle
7	IEEE 802.11p (DSRC)	5 850 bis 5 925	4 000	2 (Peak)	PM 1 600 Hz 50 % duty cycle

5.13.3.4 Durchführung der Prüfung

Die Anzünder sind zu nummerieren. Der DC-Widerstand aller Anzünder ist zu messen und zu dokumentieren.

Es werden insgesamt 9 neue Anzünder getestet. Davon werden gleichzeitig 3 Stück unter der Sendeantenne platziert. Es müssen nacheinander die Positionen 1, 2 und 3 geprüft werden, mit den in Tabelle 4 definierten Tests 1 bis 7, so dass alle 9 Anzünder mit allen Frequenzbändern getestet sind. Die Verweildauer je Frequenzschritt beträgt mindestens 2 Sekunden nach ISO 11452-9.

Der Anzünder wird die geforderte Zeit mit dem Hochfrequenzfeld beaufschlagt und das Verhalten beobachtet. Dazu werden nacheinander die Frequenzschritte im jeweiligen Frequenzband nach Tabelle 4 eingestellt.

Kommt es zu einer Zündung, ist der Test abubrechen.

5.13.3.5 Beurteilungskriterien

Die Prüfung nach 5.13.3 ist bestanden, wenn während der HF-Prüfung keine Zündung erfolgt ist und alle HF-geprüften Anzünder:

- die Parameterprüfung nach 5.2;
- die 9 Anzünder die All-Fire-Zündzeit-Prüfung nach 5.15 Prüfung 5.15.2 a bestanden haben.

Die Prüfergebnisse werden einzeln bewertet und gehen nicht in die statistische Betrachtung ein.

5.14 Ablauf der statistischen Auswertung

5.14.1 Allgemeines

Die Zündprüfungen nach 5.15 und 5.17 sind nach Folgendem Ablauf, siehe Bild 11, auszuwerten:

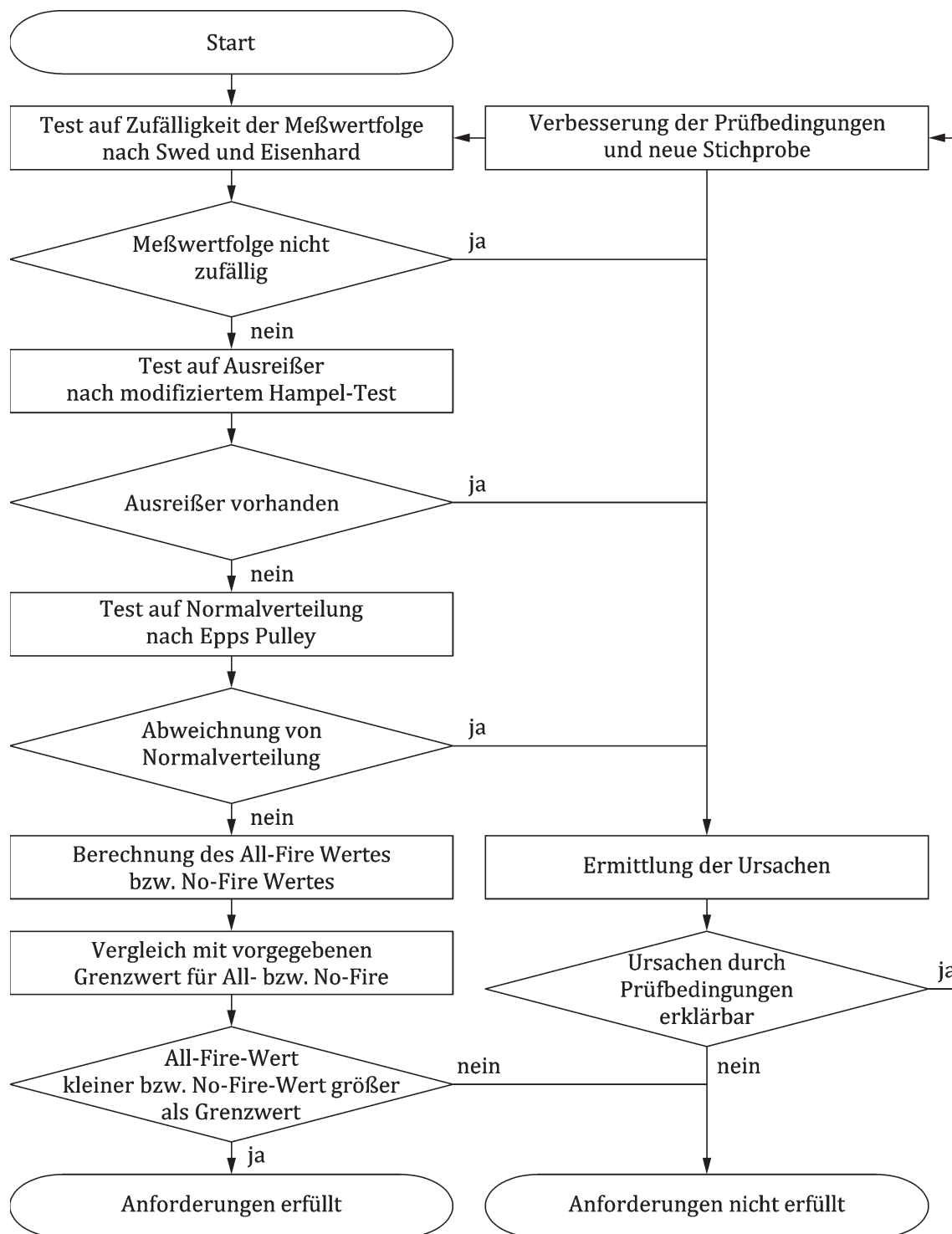


Bild 11 — Ablaufdiagramm für die statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wird von dem VDA eine Vorlage unter der folgenden Adresse zur Verfügung gestellt: <https://www.vda.de/din-ts-70116>.

5.14.2 Definitionen und Abkürzungen

I	Strom durch den Anzünder
I_{AF}	All-Fire-Strom
I_{NF}	No-Fire-Strom
I_{tr}	Stromanstieg
U	Spannung am Anzünder
n	Anzahl der Teile einer Prüfung
Δt	Messintervall
t_{AF}	All-Fire-Zündzeit
t_{NF}	No-Fire-Zündzeit
t_{vz}	Zündverzugszeit
t_p	Zündstromdauer
t_z	Zündzeit
α	Irrtumswahrscheinlichkeit
p_e	Maximaler Unter-/Überschreitungsanteil
s	Standardabweichung der Stichproben-Fire-Werte
k	Zuverlässigkeitsfaktor

5.14.3 Quellenangaben zur statistischen Auswertung

Die Literatur zum Test auf Ausreißer nach dem modifizierten Hampel-Test ist in den nachfolgenden Quellen angegeben:

Davies, L.; Gather, U., The identification of multiple outliers, Journal of American Statistical Association 88 (1993) 423, p. 782-792

Kölling, W., Aus der Reihe getanzt, QZ 46 (2001) 3, p. 315-318

Der Test auf Normalverteilung nach Epps-Pulley erfolgt nach ISO 5479:

Die Berechnung des Zuverlässigkeitsfaktors k für den All-Fire- bzw. No-Fire-Wert erfolgt nach folgender Näherungsrechnung (gültig für $n > 10$):

$$k = u_{1-p_e} \cdot \left(1 + \frac{1}{2 \cdot n}\right) \cdot \sqrt{\frac{f}{\chi^2_{f;\alpha}}}$$

Dabei ist

u_{1-p_e} das Quantil der Normalverteilung;

p_e der maximaler Überschreitungsanteil des berechneten All-Fire- bzw. No-Fire-Wertes;

$\chi^2_{f;\alpha}$ das Quantil der Chi-Quadratverteilung;

α die Irrtumswahrscheinlichkeit;

$f = n - 1$ Freiheitsgrad;

n der Stichprobenumfang.

Literatur zur Berechnung des k-Faktors (d. h. Berechnung der statistischen Anteilsbereiche):

Graf, Henning, Stange, Willrich, Formeln und Tabellen der angewandten mathematischen Statistik, Springer Verlag, dritte Auflage 1987

5.15 Zündzeit-Prüfung

5.15.1 Allgemeines

Die Prüfung dient zum Nachweis der zuverlässigen Zündung mit dem bereitgestellten Zündimpuls durch die Airbagsteuergeräte.

Schaltbilder und Hinweise sind unter 11.1 dargestellt.

5.15.2 Prüfungsarten und Prüfungsparameter

Prüfung a stellt die Bedingungen bei Zündung aus einer Energiereserve mit einer erhöhten Zündspannung (größer Bordnetzspannung) dar.

Die Zündverzugszeit $< 0,7$ ms berücksichtigt die kurzen Auslösezeiten (z. B. Seitenairbagauslösezeit).

Prüfung b stellt die Bedingungen bei Zündung mit reduzierter Energiereserve (z. B. Zündung aus dem Bordnetz) dar.

Prüfung für Anzünder:

Prüfung a

All-Fire-Strom	$I_{AF} = 1,75 \text{ A}$
Dauer des Zündstroms	$t_p \leq 0,5 \text{ ms}$
Zündzeit	$t_z \leq 0,5 \text{ ms}$
Zündverzugszeit	$t_{vz} \leq 0,7 \text{ ms}$
Stromanstieg	$I_{tr} \geq 1 \text{ A}/\mu\text{s}$

Prüfung b

All-Fire-Strom	$I_{AF} = 1,2 \text{ A}$
Dauer des Zündstroms	$t_p \leq 2 \text{ ms}$
Zündzeit	$t_z \leq 2 \text{ ms}$
Zündverzugszeit	$t_{vz} \leq 2,2 \text{ ms}$
Stromanstieg	$I_{tr} \geq 1 \text{ A}/\mu\text{s}$

5.15.3 Prüfbedingung für die Ermittlung der Zündzeit

Prüftemperatur	$T = -40 \text{ °C}$, Einlagern $\geq 1 \text{ h}$ vor Prüfung
Anzahl der Teile je Prüfung	$n = 50$
Messintervall	$\Delta t \leq 0,005 \text{ ms}$
Maximaler Überschreitungsanteil des berechneten All-Fire-Wertes	$p_e = 0,0001 \%$
Irrtumswahrscheinlichkeit	$\alpha = 5 \%$

5.15.4 Durchführung der Prüfung

Bei der Zündprüfung muss die Zündzeit (siehe Abschnitt 3), die Zündverzugszeit nach 4.11 und der Druckverlauf nach 4.14 gemessen werden. Die ermittelten Zündzeiten sind nach 5.14 auszuwerten.

Der Druckverlauf wird mitprotokolliert, um einen Vergleich, zwischen den durch die Umweltsimulation belasteten und unbelasteten Anzündern durchführen zu können.

Es soll nachgewiesen werden, dass sich die pyrotechnische Leistung nicht unzulässig stark ändert.

5.15.5 Berechnung der All-Fire-Zündzeit

T_{Zn} ist die Zündzeit des Anzünders n .

Gegeben ist die Stichprobe (Anzünder 1 bis n) mit den Messwerten:

$$t_Z = \{t_{Z1}, t_{Z2}, \dots, t_{Zi}, \dots, t_{Zn}\}$$

mit n = Anzahl der Teile je Prüfung nach 5.15.3

Berechnung des Mittelwertes der Stichprobe:

$$\bar{t}_Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{Zi}$$

Berechnung der Standardabweichung der Stichprobe:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_{Zi} - \bar{t}_Z)^2}$$

Berechnung der All-Fire-Zündzeit:

$$t_{AF} = k s + \bar{t}_Z$$

mit $k = 5,8$ für $n = 50$

5.15.6 Beurteilungskriterien

Die Prüfung ist bestanden, wenn unter den definierten Bedingungen alle Anzünder innerhalb der angegebenen Zündverzugszeit nach 5.15.2 gezündet haben und die ermittelte All-Fire-Zündzeit die Zündzeit nach 5.15.2 einhält.

Folgende Kennwerte dürfen sich gegenüber dem Anlieferzustand um maximal 20 % ändern und müssen innerhalb der Spezifikation bleiben:

- Mittelwert einer Stichprobe der Zündverzugszeit bei der All-Fire-Prüfung;
- All-Fire-Zündzeit;
- Mittelwert einer Stichprobe des maximalen Druckes in der Prüfkammer;
- Mittelwert einer Stichprobe des Zeitpunktes bei Erreichen von 90 % des maximalen Druckes in der Prüfkammer.

5.16 Hochstromprüfung

5.16.1 Allgemeines

Bei Ausfall der Strombegrenzung in den aktuellen Airbagsteuergeräten können Ströme bis 20 A auftreten. Um zukünftige Entwicklungen nicht zu beschränken wird der Stromwert auf max. 40 A festgelegt. Da die Prüfung nur mit 10 Teilen durchgeführt wird, wurde ein Sicherheitsfaktor von 2 gewählt.

Schaltbilder und Hinweise sind unter 11.3 dargestellt.

5.16.2 Prüfungsparameter

Zündstrom:	$I \geq 40 \text{ A}$
maximale Dauer des Zündstromes:	$t_p = 0,5 \text{ ms}$
Zündverzugszeit:	$t_{vz} \leq 0,7 \text{ ms}$
Stromanstieg:	$I_{tr} \geq 1 \text{ A}/\mu\text{s}$
Prüftemperaturen:	je nach Anforderung des Anwenders, siehe 4.5 -40 °C und 120 °C oder -40 °C und 105 °C
Anzahl der Teile pro Prüftemperatur:	$n = 10$

ANMERKUNG Durch die Entladung des Kondensators stellt sich ein Zündstrom von $I \geq 38 \text{ A}$ ein.

5.16.3 Durchführung der Prüfung

Der Zündstrom kann aus einer Konstantstromquelle oder aus der Entladung eines Kondensators nach 11.3 gewonnen werden.

Bei einer Kondensatorentladung sind folgende Werte einzuhalten:

Kapazität des Entladekondensators:	$C \geq 1,8 \text{ mF}$
Ladespannung:	$U = 140 \text{ V}$
Vorwiderstand:	$R = 1 \Omega$

5.16.4 Beurteilungskriterien

Die Prüfung ist bestanden, wenn unter den definierten Bedingungen alle Anzünder innerhalb der angegebenen Zündverzugszeit gezündet haben.

5.17 Zündprüfung nach No-Fire-Belastung

5.17.1 Allgemeines

Mit der Konstantstromprüfung bis t_1 wird die Unempfindlichkeit des Anzünders gegen Prüfströme, Störimpulse und andere elektrische Belastungen nachgewiesen. Mit dem ansteigenden Strom zwischen t_1 und t_z wird die Zündfähigkeit des Anzünders nachgewiesen. Zusätzlich wird der No-Fire-Zündstrom für diesen Impulsverlauf ermittelt.

5.17.2 Prüfungsparameter und Prüfbedingung

Prüfstrom:

$$I = 0,4 \text{ A für } t \leq 10 \text{ s}$$

$$I = \left(2,0 \frac{\text{A}}{\text{s}} t\right) 19,6 \text{ A für } 10 \text{ s} < t < 10,4 \text{ s}$$

Zündstrom nach No-Fire-Belastung: $I_{\text{NFZ}} \geq 0,4 \text{ A}$

Prüftemperatur: je nach Anforderung des Anwenders, siehe 4.5
120 °C oder 105 °C, Einlagern $\geq 1 \text{ h}$ vor Prüfung

Anzahl der Teile je Prüfung: $n = 50$

Messintervall: $\Delta t \leq 1 \text{ ms}$

Max. Unterschreitungsanteil

des berechneten No-Fire-Wertes: $p_e = 0,0001 \%$

Irrtumswahrscheinlichkeit: $\alpha = 5 \%$

Prüfungsprofil: siehe Bild 12

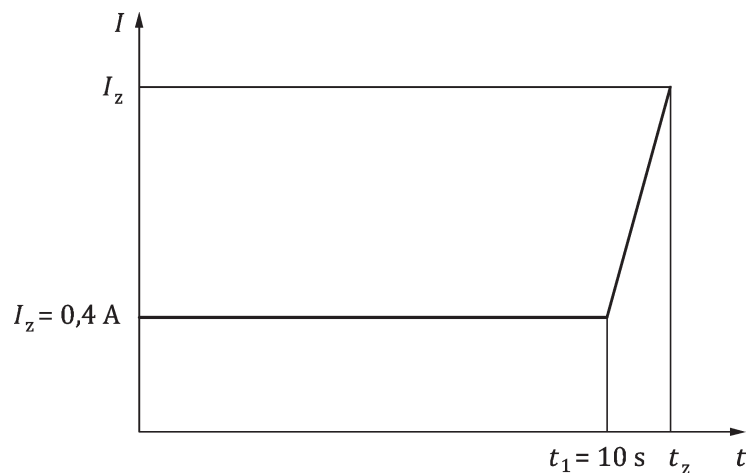


Bild 12 — Prüfungsprofil für Zündstrom nach No-Fire-Belastung

5.17.3 Durchführung der Prüfung

Bei der Zündprüfung muss der Zündstrom zum Zeitpunkt der Zündung und der Druckverlauf nach 4.14 gemessen werden. Die gemessenen Zündströme sind nach 5.14 auszuwerten.

5.17.4 Berechnung des Zündstroms nach der No-Fire-Belastung

I_{ZN} ist der Zündstrom des Anzünders n.

Gegeben ist die Stichprobe (Anzünder 1 bis n) mit den Messwerten:

$$I_Z = \{I_{Z1}, I_{Z2}, \dots, I_{Zi}, \dots, I_{Zn}\}$$

mit n = Anzahl der Teile je Prüfung nach 5.15.3

- 1) Berechnung des Mittelwerts der Stichprobe:

$$\bar{I}_Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{Zi}$$

- 2) Berechnung der Standardabweichung der Stichprobe:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_{Zi} - \bar{I}_Z)^2}$$

- 3) Berechnung des Zündstromes nach No-Fire-Belastung:

$$I_{NF} = \bar{I}_Z - ks$$

mit $k = 5,8$ für $n = 50$

5.17.5 Beurteilungskriterien

Die Prüfung ist bestanden, wenn unter den definierten Bedingungen alle Anzünder gezündet haben und der ermittelte Zündstrom nach No-Fire-Belastung nach 5.17.2 eingehalten wird.

Folgende Kennwerte dürfen sich gegenüber dem Anlieferzustand um maximal 20 % ändern und müssen innerhalb der Spezifikation bleiben:

- Zündstrom nach der No-Fire-Belastung;
- Mittelwert einer Stichprobe des maximalen Druckes in der Prüfkammer;
- Mittelwert einer Stichprobe des Zeitpunktes bei Erreichen von 90 % des maximalen Druckes in der Prüfkammer.

5.18 No-Fire-Zündzeit-Prüfung

5.18.1 Allgemeines

Ziel der Prüfung ist sicherzustellen, dass auf die Zündleitung eingekoppelte Impulse nicht zu einer Auslösung führen.

Die Absicherung erfolgt über den Zeit-Bruceton-Test. Hier wird die Stromflussdauer für den Strom $I = 5,0 \text{ A}$ ermittelt. Die statistische Auswertung muss einen Wert $t > 4 \text{ } \mu\text{s}$ ergeben.

Schaltbilder und Hinweise sind unter dem 11.1 dargestellt.

5.18.2 Prüfungsparameter

Prüfstrom:	$I = 5,0 \text{ A}$,
No-Fire-Zündzeit:	$t_{\text{NF}} > 4 \text{ } \mu\text{s}$
Stromanstieg:	$I_{\text{tr}} \geq 5 \text{ A}/\mu\text{s}$

5.18.3 Prüfbedingung für die Ermittlung der No-Fire-Zündzeit

Prüftemperatur:	je nach Anforderung des Anwenders, siehe 4.5 120 °C oder 105 °C, Einlagern $\geq 1 \text{ h}$ vor Prüfung
Anzahl der Teile je Prüfung:	$n = 50$
Max. Unterschreitungsanteil des berechneten No-Fire-Wertes:	$p_e = 0,0001 \%$
Irrtumswahrscheinlichkeit:	$\alpha = 5 \%$

5.18.4 Durchführung der Prüfung

Durch einen Zeit-Bruceton-Test sind der Mittelwert der Stromflussdauer und die Standardabweichung der Stichprobe zu bestimmen.

Eine Beispielschaltung für die Stromimpulserzeugung ist im 11.1. angegeben.

5.18.5 Berechnung der No-Fire-Zündzeit

Berechnung der No-Fire-Zündzeit t_{NF} aus dem Mittelwert der Stromflussdauer $\bar{t}_p$ und der Standardabweichung der Stromflussdauer s

$$I_{\text{NF}} = \bar{t}_p - ks$$

mit $k = 5,8$

5.18.6 Beurteilungskriterien

Die Prüfung ist bestanden, wenn unter den definierten Bedingungen die ermittelte No-Fire-Zündzeit die Bedingung nach 5.18.2 einhält.

5.19 Bauteilanalyse

Die Bauteilanalyse dient zur Überprüfung der nicht elektrisch messbaren Kenngrößen.

Es werden 5 Teile nach der Prüfung analysiert. Die Teile werden auf Veränderungen überprüft und mit 5 unbelasteten Teilen verglichen:

Folgende Punkte sind zu analysieren:

- Auftreten von Korrosion;
- Veränderung der Pyrotechnik;
- optische Veränderungen;
- Feststellung des Feuchtegehaltes.

5.20 Hochtemperaturprüfung

Diese Prüfung stellt die Funktionalität der Anzünder unter dem Einfluss einer Temperaturbelastung je nach Einbauort sicher.

Der Anzünder muss nach der Temperatur ausgelegt werden, welche vom Kunden vorgegeben wird. Dabei muss die Bestätigung des Einsatzes des Anzünders, ausgelegt nach der jeweiligen Hochtemperatur, vom Kunden bestätigt werden.

Hochtemperaturprofil 1

Hochtemperaturprüfung mit $T_{\max} = 120\text{ °C}$ (Einbauort: Motorraum aber nicht am Motor/ Kühler)

Prüfung nach DIN EN 60068-2-2.

elektrische Belastung	getakteter Strom nach 4.9
getakteter Strom:	100 mA; 10 ms „ein“, 20 ms „aus“
Stromanstieg für getakteten Strom:	$I_{tr} \geq 1\text{ A/ms}$
Dauer:	1 250 h (Berechnung der Testdauer siehe Abschnitt C.3.)
Prüftemperatur:	120 °C

Hochtemperaturprofil 2

Hochtemperaturprüfung mit $T_{\max} = 105\text{ °C}$ (Einbauort: Innenraum mit Sonneneinstrahlung/ Karosserieanbau Dach)

Prüfung nach DIN EN 60068-2-2.

elektrische Belastung	getakteter Strom nach 4.9
getakteter Strom:	100 mA; 10 ms „ein“, 20 ms „aus“
Stromanstieg für getakteten Strom:	$I_{tr} \geq 1\text{ A/ms}$
Dauer:	1 143 h (Berechnung der Testdauer siehe Abschnitt C.3.)
Prüftemperatur:	105 °C

Der elektrische Widerstand der Prüflinge ist nach 5.4 zu überwachen.

Diese Prüfungen bilden das Temperaturprofil nach 4.5 ab.

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfungen nach 5.2 bestanden wurden und während der Prüfung die Widerstandsgrenzwerte nach 4.3 nicht überschritten wurden.

5.21 Temperaturschock

5.21.1 Allgemeines

Temperaturschocktests dienen zur Feststellung von Beanspruchung durch mechanische Spannungen, bedingt durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten verschiedener miteinander verbundener Werkstoffe oder aufgrund von Temperaturgradienten auch innerhalb homogener Materialien.

Der Temperaturschocktest führt zu einer schnellen Alterung der Werkstoffe. Daher wird diese Prüfung nur für stark thermodynamisch beanspruchte Komponenten eingesetzt.

5.21.2 Temperaturschock 1

Simulation von Materialverspannungen bei unterschiedlichen Temperaturgradienten, z. B. beim Transport in winterlichen Verhältnissen.

obere Betriebsgrenztemperatur T_0 :	Je nach Anforderung des Anwenders, siehe 4.5 –40 °C, RT, 120 °C oder –40 °C, RT, 105 °C
untere Betriebsgrenztemperatur T_U :	–40 °C
Anzahl der Zyklen:	288
Temperatur am Beginn der Prüfung:	RT
Umlagerungszeit auf obere Temperatur:	≤ 10 s
Temperierzeit bei oberer Temperatur:	20 min
Umlagerungszeit auf untere Temperatur:	≤ 10 s
Temperierzeit bei unterer Temperatur:	20 min
Kein elektrischer Betrieb während der Prüfung.	

5.21.3 Temperaturschock 2

obere Betriebsgrenztemperatur T_0 :	Je nach Anforderung des Anwenders, siehe 4.5 –40 °C, RT, 120 °C oder –40 °C, RT, 105 °C
untere Betriebsgrenztemperatur T_U :	–40 °C
Anzahl der Zyklen:	943
Temperatur am Beginn der Prüfung:	RT
Umlagerungszeit auf obere Temperatur:	≤ 30 s
Temperierzeit bei oberer Temperatur:	15 min
Umlagerungszeit auf untere Temperatur:	≤ 30 s
Temperierzeit bei unterer Temperatur:	15 min
Kein elektrischer Betrieb während der Prüfung.	

Diese Prüfungen bilden das Temperaturprofil nach 4.5 ab.

5.21.4 Beurteilungskriterien

Die Prüfung ist bestanden, wenn die Parameterprüfung nach 5.2 bestanden wurde.

5.22 Wasserlagern und Trocknen

Mit dieser Prüfung wird die Dichtigkeit der Komponente geprüft.

Durchführung nach DIN EN 60068-2-18.

Lagerbedingungen:	Wassertemperatur RT, Tiefe 20 cm unter Wasseroberfläche, Lagerdauer: 12 h Trocknen:
Trocknen:	5 h bei 50 °C