

DIN EN 4709-006

ICS 03.220.50; 49.020

Einsprüche bis 2023-10-04

Entwurf

**Luft- und Raumfahrt –
Unbemannte Luftfahrzeugsysteme –
Teil 006: Verfahren zum Flugabbruch, Anforderungen und Verifizierung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 4709-006:2023**

Aerospace series –
Unmanned Aircraft Systems –
Part 006: Means to terminate flight, requirements, and verification;
German and English version prEN 4709-006:2023

Série aérospatiale –
Aéronefs télépilotes –
Partie 006: Moyens pour interrompre le vol, exigences et vérification;
Version allemande et anglaise prEN 4709-006:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-08-04 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 nl@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 Luft- und Raumfahrt (NL), 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 85 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 4709-006:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 471 „Unbemannte Luftfahrzeugsysteme“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-01-01 AA „Grundlagen“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

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.

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

Luft- und Raumfahrt – Unbemannte Luftfahrzeugsysteme – Teil 006: Verfahren zum Flugabbruch, Anforderungen und Verifizierung

Aerospace series – Unmanned Aircraft Systems – Part 006: Means to terminate flight, requirements, and verification

Série aérospatiale – Aéronefs télépilotés – Partie 006: Moyens pour interrompre le vol, exigences et vérification

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Produktanforderungen und Konformität von Mitteln zum Flugabbruch von UAS der Klasse 5	9
4.1 Zuverlässigkeit, Vorhersagbarkeit und Unabhängigkeit	9
4.1.1 Leistungsanforderungen	9
4.1.2 Verifizierungsverfahren	9
4.1.3 Annahmekriterien	15
4.2 Sinkflugleistung	15
4.2.1 Leistungsanforderungen	15
4.2.2 Verifizierungsverfahren	16
4.2.3 Annahmekriterien	22
4.3 Mittel zur Minderung der Auswirkungen der UA-Aufpralldynamik	23
4.3.1 Leistungsanforderungen	23
4.3.2 Verifizierungsverfahren	23
4.3.3 Annahmekriterien	23
4.4 Herstelleranweisungen	24
5 Produktanforderungen und Konformität von Mitteln zum Flugabbruch von UAS der Klasse 6	24
5.1 Zuverlässigkeit, Vorhersagbarkeit und Unabhängigkeit	24
5.2 Sinkflugleistung	24
5.2.1 Allgemeines	24
5.2.2 Leistungsanforderungen	24
5.2.3 Verifizierungsverfahren	24
5.2.4 Annahmekriterien	24
5.3 Herstelleranweisungen	25
5.3.1 Anforderungen	25
5.3.2 Verifizierungsverfahren – Teil H: Flugabbruch	25
5.3.3 Annahmekriterien	26
Anhang A (informativ) Beispielhafte Konstruktionsmuster für die Darstellung der Implementierung unabhängiger Mittel für den Flugabbruch (Flugabbruchsystem)	27
A.1 Beispielhafte Konstruktionsmuster	27
A.2 Empfehlungen für die Darstellung der UAS-Architektur	29
A.3 Abkürzungen	30
Anhang B (informativ) Generische Sicherheitsbewertung	31
B.1 Allgemeines	31
B.2 Ansatz	31
B.3 Checkliste	31
Anhang C (informativ) Automatisierung	34
Anhang D (informativ) Verfahren zur Durchführung des Sinkflugs und zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik (semantisches Modell)	36
D.1 Übersicht über übliche Verfahren, um das UA auf den Boden zu bringen	36
D.2 Anfangsphase	36
D.3 Sinkflug	37
D.3.1 Wenn möglich, kontrollierter Sinkflug	37
D.3.2 Nicht kontrollierter Sinkflug	38
D.3.3 Sinkflug mit Fallschirm	38
D.4 Aufsetzen	39
D.5 Nach der Landung/dem Aufprall	39

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen diesem Dokument und den grundlegenden Anforderungen der Delegierten Verordnung (EU) 2019/945 vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme, deren Einhaltung angestrebt wird	40
Literaturhinweise	41

Bilder

Bild 1 — Prüffolge für die Flugprüfung [Quelle: European Union Aviation Safety Agency, MOC Light-UAS.2511-01, „Means of Compliance with Light-UAS.2511 Containment“, Ausgabe 1, Mai 2022, Abschnitt 2.2.3]	11
Bild 2 — Fallprüfungssequenz	17
Bild 3 — Maximal zurückgelegte horizontale Distanz (nur Klasse C5)	22
Bild A.1 — Beispiel für ein Architekturdiagramm mit physikalischer Trennung	28
Bild A.2 — Beispiel für ein Architekturdiagramm mit automatischem FTS	29

Tabellen

Tabelle 1 — Maximal zurückgelegte horizontale Distanz (nur Klasse C5)	22
Tabelle C.1 — Vergleich von manueller und automatischer Aktivierung	34
Tabelle D.1 — Verfahren zur Durchführung des Sinkflugs und zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik — Anfangsphase	36
Tabelle D.2 — Verfahren zur Durchführung des Sinkflugs und zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik — Kontrollierter Sinkflug	37
Tabelle D.3 — Verfahren zur Durchführung des Sinkflugs und zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik — Nicht kontrollierter Sinkflug	38
Tabelle D.4 — Verfahren zur Durchführung des Sinkflugs und zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik — Sinkflug mit Fallschirm	38
Tabelle D.5 — Verfahren zur Durchführung des Sinkflugs und zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik — Aufsetzen	39
Tabelle D.6 — Verfahren zur Durchführung des Sinkflugs und zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik — Nach der Landung/dem Aufprall	39
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen diesem Dokument und Anhang Teil 1, 2, 3, 4 und 6 der Delegierten Verordnung (EU) 2019/45	40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 4709-006:2023) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) erstellt und wurden von CEN/TC 471 „Unbemannte Luftfahrzeugsysteme“ finalisiert, dessen Sekretariat von BNAE gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en).

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

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält technische Spezifikationen und Verifizierungsmethoden zur Unterstützung der Konformität mit der Delegierten Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme.

Dieser Teil enthält die Anforderungen, Prüfverfahren und Annahmekriterien für Mittel zum Abbruch des Flugs (Flugabbruch) für unbemannte Luftfahrzeuge und behandelt insbesondere:

- sicherheitsrelevante Aspekte der Architektur;
- Sinkflugleistung;
- Mittel zur Minderung der Auswirkungen des Aufpralls auf den Boden; und
- Herstelleranweisungen.

Auch wenn die Datensicherheit, einschließlich der IT-Sicherheit, aus Betriebssicht von Nutzen sein kann, so liegt sie doch außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments.

Eine Aktivierung des Mittels zum Flugabbruch durch einen Sichtbeobachter liegt ebenfalls außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments.

Dieses Dokument enthält freiwillige Verfahren zum Nachweis der Konformität mit den Anforderungen, die in Verordnung (EU) 2019/945 beschrieben sind.

Zusätzliche, durch die Merkmale der Nutzlast hervorgerufene Gefährdungen sind ausgeschlossen und liegen in der Verantwortung des UAS-Herstellers und des UAS-Betreibers.

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).

EN 4709-001:—,¹ *Luft- und Raumfahrt — Unbemannte Luftfahrzeugsysteme — Teil 001: Anforderungen und Prüfverfahren*

EN 4709-005:—,² *Luft- und Raumfahrt — Unbemannte Luftfahrzeugsysteme — Teil 005: Überprüfungsmethode für die Geocaging-Funktion*

EN 62368-1:2014, *Einrichtungen für Audio/Video-, Informations- und Kommunikationstechnik — Teil 1: Sicherheitsanforderungen (IEC 62368-1:2014, modifiziert)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

1 In Vorbereitung. Stufe zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: prEN 4709-001:2023.

2 In Vorbereitung. Stufe zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: prEN 4709-005:2023.

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

automatisches Flugsteuerungs- und Leitsystem

Gruppierung von Elementen, denen die automatischen Flugsteuerungs- und Leitfunktionen zugeordnet sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den automatischen Flugsteuerungs- und Leitsystemen gehören für die Bewertung der Unabhängigkeit und Sicherheit auch die zugehörigen Stromversorgungen und Schutzeinrichtungen (z. B. Sicherungen, Brücken).

3.2

Konfiguration

grundlegende Konstruktionsanordnung des UA: Starrflügler, Drehflügler oder Multikopter

3.3

Trümmerbereich

durch inerte (nicht explosive) Trümmer gefährdeter Bereich, definiert als Summe aller Bodenbereiche, in denen erwartet werden kann, dass eine stehende Person während oder nach einem Kontrollverlustereignis durch das UA getroffen wird, und damit der Bereich, in dem ein tödlicher Unfall zu erwarten ist, wenn sich eine Person dort aufhält

3.4

Ausrüstung zur Fernsteuerung von unbemannten Luftfahrzeugen

alle Instrumente, Ausrüstungen, Mechanismen, Geräte, Zubehörteile, Software oder Zusatzteile, die für den sicheren Betrieb eines unbemannten Luftfahrzeugs erforderlich sind und die keine Teile sind und nicht an Bord des unbemannten Luftfahrzeugs mitgeführt werden

[QUELLE: Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme, Artikel 3, Nr. (2)]

3.5

Fehlererkennungszeit

Zeit, die die Flugabbruchfunktion zur Erkennung des Problems benötigt

3.6

Reaktionszeit

für die Reaktion erforderliche Zeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei manueller Wiederherstellung schließt die Reaktionszeit des Piloten die Zeit ein, die der Fernpilot zur Erkennung des Problems und zum Ergreifen geeigneter Maßnahmen benötigt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Fehlererkennungszeit und die Reaktionszeit des Piloten betragen zusammen üblicherweise 3 s.

3.7

Flugabbruch (en: Flight Termination, Mittel zum Abbruch des Flugs) (Funktion)

ermöglicht es dem Fernpiloten zu verhindern, dass das UA den kontrollierten Bodenbereich verlässt, indem er den Sinkflug des UA erzwingt und verhindert, dass es seine horizontale Flugbahn fortsetzt (z. B. durch Unterbrechung der Antriebskraft)

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn ein Notfall vermutlich dazu führen wird, dass das UA den Betriebsraum verlässt, ist der Fernpilot verpflichtet sicherzustellen, dass die Flugabbruchfunktion ausgelöst wird, bevor das unbemannte Luftfahrzeug die Grenzen des Betriebsraums erreicht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Möglichkeiten zum Flugabbruch des UA durch den Fernpiloten sind die Bereitstellung von Mitteln, mit denen der Fernpilot manuell den Flug des UA beenden kann, oder die Programmierung einer automatischen Auslösung der Flugabbruchfunktion.

Anmerkung 3 zum Begriff: Wenn ein automatischer Flugabbruch implementiert ist, entspricht er dem entsprechenden Teil der Geocaging-Norm, um die Übereinstimmung des automatischen Mittels zum Flugabbruch mit der Geocaging-Funktion sicherzustellen

Anmerkung 4 zum Begriff: Die Flugabbruchfunktion wird durch Folgendes ausgelöst:

- manuell durch den Fernpiloten und/oder
- automatisch als Reaktion auf einen unmittelbar bevorstehenden oder tatsächlichen Verlust der Eindämmungsmaßnahmen in Übereinstimmung mit EN 4709-005²

3.8

Gefährdung

jeder Zustand und jedes Objekt mit dem Potential, Verletzungen, Beschädigungen, Materialverlust oder eine Beeinträchtigung der Fähigkeit zum Durchführen einer vorgeschriebenen Funktion zu verursachen

3.9

Unabhängigkeit

Konzept, das die Wahrscheinlichkeit von Ausfällen mit gemeinsamer Ausfallart und kaskadierenden Fehlern zwischen Funktionen oder Elementen des Luftfahrzeugs/Systems minimiert

Anmerkung 1 zum Begriff: im Sinne dieser Norm – bezogen auf das Mittel zum Flugabbruch: ein Merkmal der UAS-Architektur, das implementiert wird, um zu vermeiden, dass außerhalb des oder in Zusammenhang mit dem Flugabbruchmittel ein Fehler auftritt, der zur Behebung einen Flugabbruch erfordern würde, aber der die ordnungsgemäße Ausführung der Flugabbruchfunktion verhindert.

3.10

erheblicher Aufprallschaden

jeder durch die Aufpralldynamik entstandene irreparable Schaden, der den Ersatz des UA erfordert

3.11

maximaler Betriebsabstand

im Sinne dieser Norm der maximale vom Standardszenario zugelassene Bereich, für den Konformität erklärt wird, oder der maximale vom Hersteller angegebene Bereich, je nachdem, welcher Wert niedriger ist

3.12

Mittel für den Abbruch des Flugs durch den Fernpiloten (Mittel für den Flugabbruch)

technisches Mittel als Teil des UAS, das eine Flugabbruchfunktion bereitstellt

3.13

Mittel zur Minderung der Auswirkungen der UA-Aufpralldynamik

technische Mittel als Teil des UAS, die einen *erheblichen Aufprallschaden* verhindern, um das Risiko zu mindern, dass der Fernpilot das Mittel zum Flugabbruch nicht rechtzeitig aktiviert, da er die Beschädigung und mögliche Zerstörung des UA fürchtet

Anmerkung 1 zum Begriff: Erfahrungen mit dieser Art des UAS-Betriebs zeigen, dass menschliche Faktoren (z. B. die Angst, das UA zu verlieren) eine Rolle dabei spielen könnten, die Effektivität der Mittel zum Flugabbruch einzuschränken.

[QUELLE: European Union Aviation Safety Agency, Opinion No. 05/2019, Standard scenarios for UAS operations in the ‘specific’ category, Abschnitt 2.3.1.9, Seite 12]

3.14

Betriebsraum

Luftraum, definiert in Raum und Zeit, auf den der Betrieb des UA beschränkt ist

3.15

Nutzlast

alle Instrumente, Mechanismen, Ausrüstungen, Teile, Geräte, Zubehörteile oder Zusatzteile, einschließlich Kommunikationsausrüstungen, die in das Luftfahrzeug eingebaut bzw. an diesem angebracht sind und nicht dazu verwendet werden oder verwendet werden sollen, das Luftfahrzeug im Flug zu betreiben oder zu steuern, ohne jedoch Teil des Flugwerks, eines Motors oder eines Propellers zu sein

[QUELLE: Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme, Artikel 3, Nr. (29)]

3.16

Vorhersagbarkeit

im Kontext dieses Dokuments die Sicherheit, dass das UAS die Verfahren wie in den Herstelleranweisungen angegeben durchführt

3.17

Zuverlässigkeit

im Kontext dieses Dokuments die Wahrscheinlichkeit der ordnungsgemäßen Ausführung des Flugabbruchs; bezieht sich auf den sicheren Betrieb und berücksichtigt keine falsche/unbeabsichtigte Auslösung

3.18

Fernpilot

eine natürliche Person, die für die sichere Durchführung des Fluges eines unbemannten Luftfahrzeugs verantwortlich ist, wobei der Fernpilot die Flugsteuerung entweder manuell vornimmt oder, wenn das unbemannte Luftfahrzeug automatisch fliegt, dessen Kurs überwacht und in der Lage bleibt, jederzeit einzugreifen und seinen Kurs zu ändern

[QUELLE: Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme, Artikel 3, Nr. (27)]

3.19

unbemanntes Luftfahrzeug

UA, en: unmanned aircraft

ein Luftfahrzeug, das ohne einen an Bord befindlichen Piloten autonom oder ferngesteuert betrieben wird oder dafür konstruiert ist

[QUELLE: Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme, Artikel 3, Nr. (1)]

3.20

unbemanntes Luftfahrzeugsystem

UAS, en: unmanned aircraft system

ein unbemanntes Luftfahrzeug sowie die Ausrüstung für dessen Fernsteuerung

[QUELLE: Delegierte Verordnung (EU) 2019/945 der Kommission vom 12. März 2019 über unbemannte Luftfahrzeugsysteme und Drittlandbetreiber unbemannter Luftfahrzeugsysteme, Artikel 3, Nr. (3)]

3.21

Fessel

im Sinne dieser Norm eine mechanische Vorrichtung, deren Hauptzweck es ist, das UA effektiv innerhalb des durch die Seillänge vorgegebenen Bereichs zu halten

3.22

ungefesselt UA

UA, das nicht durch ein Seil in seiner Bewegung mechanisch eingeschränkt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Nicht alle Kabel zur Verbindung des UA mit dem Boden werden im Sinne dieses Dokuments als Fessel angesehen; beispielsweise wird ein elektrisches Kabel zur Stromversorgung des UA nicht als Fessel angesehen, auch wenn es sich um die einzige Antriebsquelle handelt und ein Verbindungsverlust unausweichlich zum Verlust des Flugs führen würde. Trotzdem darf eine Fessel als sekundäre Funktion zur Übertragung von elektrischer Leistung zum UA verwendet werden.

4 Produkthanforderungen und Konformität von Mitteln zum Flugabbruch von UAS der Klasse 5

4.1 Zuverlässigkeit, Vorhersagbarkeit und Unabhängigkeit

4.1.1 Leistungsanforderungen

Das UAS muss Mittel für den Abbruch des Flugs durch den Fernpiloten zur Verfügung stellen, die:

- 1) nachweisen müssen, dass die Wahrscheinlichkeit, dass das Flugabbruchsystem durch einen Fehler ordnungsgemäß aktiviert wird, annahmbar ist (Zuverlässigkeit);
- 2) sicherstellen müssen, dass das UAS die Verfahren wie in den Herstelleranweisungen angegeben durchführt (Vorhersagbarkeit); und
- 3) vermeiden müssen, dass beim automatischen Flugsteuerungs- und Leitsystem, der Geocaging-Funktion oder der Flugabbruchfunktion ein Fehler auftritt, der selbst die ordnungsgemäße Durchführung der Flugabbruchfunktion verhindert, da die Behebungsmaßnahmen für diesen Fehler vom Flugabbruch abhängig sind (Unabhängigkeit).

4.1.2 Verifizierungsverfahren

4.1.2.1 Anforderung (1) – Zuverlässigkeit

4.1.2.1.1 Allgemeines

Die Zuverlässigkeit muss durch Anwendung der beiden in den folgenden Unterabschnitten beschriebenen Methoden nachgewiesen werden.

- Durch Bodenprüfungen wird nach 4.1.2.1.2 verifiziert, dass das im UAS installierte Flugabbruchsystem ordnungsgemäß aktiviert werden kann und dass die Fähigkeit des UA, eine weitere angetriebene horizontale Ortsveränderung durchzuführen, blockiert wird.
- Durch Flugprüfungen wird nach 4.1.2.1.3 verifiziert, dass das Flugabbruchsystem in der Lage ist, einen Flugabbruch zuverlässig durchzuführen.

4.1.2.1.2 Bodenprüfungen

Bodenprüfungen können nach 4.1.2.1.3 mit dem für Flugprüfungen verwendeten UAS durchgeführt werden, und sie können zusammen mit den Flugprüfungen als Aktivitäten vor dem Flug oder als Flugprüfungen durchgeführt werden.

Im Gegensatz zu Flugprüfungen müssen Bodenprüfungen als Ende-zu-Ende Prüfungen ohne irgendwelche Substitutionen durchgeführt werden.

Bei manueller Aktivierung müssen die Bodenprüfungen bei *maximalem Betriebsabstand* zwischen UA und der/den Antenne(n) durchgeführt werden, die den Flugabbruchbefehl übertragen. Das Bodensegment der

Flugabbrucheinheit(en) sollte mit seiner/seinen Antenne(n) verbunden sein wie im realen Betriebsfall. Um die Auswirkungen des Abstands zu emulieren, dürfen alternativ Dämpfungsgeräte oder eine abgeschirmte Umgebung eingesetzt werden, um äquivalente Bedingungen zu denen bei maximalem Betriebsabstand zu schaffen.

Bei automatischer Aktivierung muss die ordnungsgemäße Aktivierung des Abbruchsignals geprüft werden, wobei die Bedingungen, die dessen Auslösung während des Flugs verursachen würden, als Eingang für das Flugabbruchsystem dienen. In diesem Fall sollte die Aktivierung für eine Gruppe von Bedingungen geprüft werden, die einheitlich den gesamten Aktivierungsbereich abdecken, wobei die Granularität solcher Prüfungen zu begrenzen ist.

Eine einzelne Bodenprüfung gilt als bestanden, wenn bei Aktivierung die Merkmale des Systems eine erfolgreiche Ausführung des Flugabbruchs anzeigen:

- a) bei Konfigurationen, die den Flugabbruch unter Einsatz eines Fallschirms durchführen: die elektrische Stromstärke aller Motoren ist Null (Aus), und der Fallschirm wird ausgebracht; die Öffnung einer Fallschirm Luke reicht aus, um den erfolgreichen Einsatz eines Fallschirms nachzuweisen, sobald der Fallschirm in den Luftstrom ausgebracht wurde;
- b) bei Konfigurationen, die den Flugabbruch durch Abschalten aller Motoren durchführen: die elektrische Stromstärke aller Motoren ist Null (Aus) oder negativ (rekuperierend);
- c) bei Konfigurationen, die den Flugabbruch durch Bewegung von Aktoren in eine vorher festgelegte Stellung durchführen: die Aktoren befinden sich in der vorher festgelegten Stellung;
- d) bei Konfigurationen, die den Flugabbruch durch Abschalten von Aktoren durchführen: die elektrische Spannung an den Aktoren ist Null (Aus), oder der Aktor befindet sich in einem Modus, in dem er keinen elektrischen Strom zieht und sich frei bewegt.

Der Prüfkörper muss nach Bedarf mit Instrumenten ausgerüstet sein, die bei Aktivierung die Merkmale des Systems anzeigen, die eine erfolgreiche Ausführung des Flugabbruchs nachweisen.

Das UAS darf mit einer speziellen Firmware ausgerüstet sein, um die Bedingung für die automatische Auslösung auszulösen oder zu simulieren und so die Konformitätsprüfung zu ermöglichen. Wenn die Mittel zur Auslösung oder Simulation der Bedingungen für die automatische Auslösung nicht als dedizierte, spezifische Software oder Firmware für die Prüfung bereitgestellt werden, muss durch Überprüfung des Herstellerentwurfs verifiziert werden, dass diese nicht einfach verfügbar und durch Sicherheitsmaßnahmen vor unbeabsichtigter Aktivierung geschützt sind.

Es müssen **10** Aktivierungen nacheinander durchgeführt werden.

Wenn die Flugabbruchfunktion sowohl manuell als auch automatisch aktiviert werden kann, muss die Anzahl von Aktivierungen gleichmäßig über die gesamte Konfiguration verteilt werden, aber es ist nicht erforderlich, die insgesamt oben angegebene Anzahl von Aktivierungen zu überschreiten.

Bodenprüfungen gelten als bestanden, wenn der gesamte Prüfungssatz bestanden wurde.

4.1.2.1.3 Flugprüfung

Flugprüfungen dürfen nach 4.2.2 mit Fallprüfungen kombiniert werden.

Es sind insgesamt **20** Flugprüfungen erforderlich, um die ordnungsgemäße Aktivierung des Bordsegments des Flugabbruchsystems nachzuweisen.

Als Ersatz darf eine repräsentative, zerstörungsfreie Anordnung gewählt werden, wenn sichergestellt werden kann, dass die zur Überwachung der Flugabbruchfunktion verwendeten Anzeigen repräsentativ für die tatsächliche Aktivierung sind.

Dies darf durch eine digitale Aufzeichnung des Flugabbruchsignals erfolgen, das üblicherweise bei Aktivierung des Flugabbruchsystems die Antriebsverbindung zu den Motoren unterbrechen würde, wobei zu vermeiden ist, dass dieses Signal tatsächlich zu einer Antriebsunterbrechung während der Prüfungen führt.

Es muss nachgewiesen werden, dass jede manuelle Aktivierung vom Boden aus zu einem Flugabbruch führen würde.

Im Folgenden beziehen sich die Begriffe „Höchstgeschwindigkeit“ und „Mindestgeschwindigkeit“ auf die in den Herstelleranweisungen angegebene Höchst- und Mindestgeschwindigkeit, und ebenso beziehen sich die Begriffe „Mindesthöhe“ und „Maximalhöhe“ auf die in den Herstelleranweisungen angegebene Mindest- und Maximalhöhe.

— Bei ausschließlich manueller Aktivierung müssen die folgenden Szenarien geprüft werden:

- 1) das UA fliegt gerade und bei gleichmäßiger Höhe zu der/den Antenne(n) hin oder davon weg, die das Flugabbruchsignal überträgt bzw. übertragen, und zwar bei Mindest- und Maximalhöhe (ohne Steig- und Sinkflugsegmente). Es müssen **10** Aktivierungen ausgelöst werden:
 - a) **5** bei Mindesthöhe mit Höchstgeschwindigkeit, von denen **2** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüfen und die anderen **3** zwischen der Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1 und ANMERKUNG 2), wie in Bild 1 dargestellt,
 - b) **5** bei Maximalhöhe, von denen **2** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüfen und die anderen **3** zwischen der Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1 und ANMERKUNG 2), wie in 1.a. dargestellt;
- 2) das UA fliegt gerade und bei gleichmäßiger Höhe in senkrecht zu der für die Prüfungen in 1. angegebenen Richtung, gleiche Höhen, gleiche Verteilung. Es müssen 10 Aktivierungen ausgelöst werden:
 - a) **5** bei Mindesthöhe mit Höchstgeschwindigkeit, von denen **2** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüfen und die anderen **3** zwischen der Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1 und ANMERKUNG 2), wie in Bild 1 dargestellt,
 - b) **5** bei Maximalhöhe, von denen **2** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüfen und die anderen **3** zwischen der Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1 und ANMERKUNG 2), wie in 2.a. dargestellt.

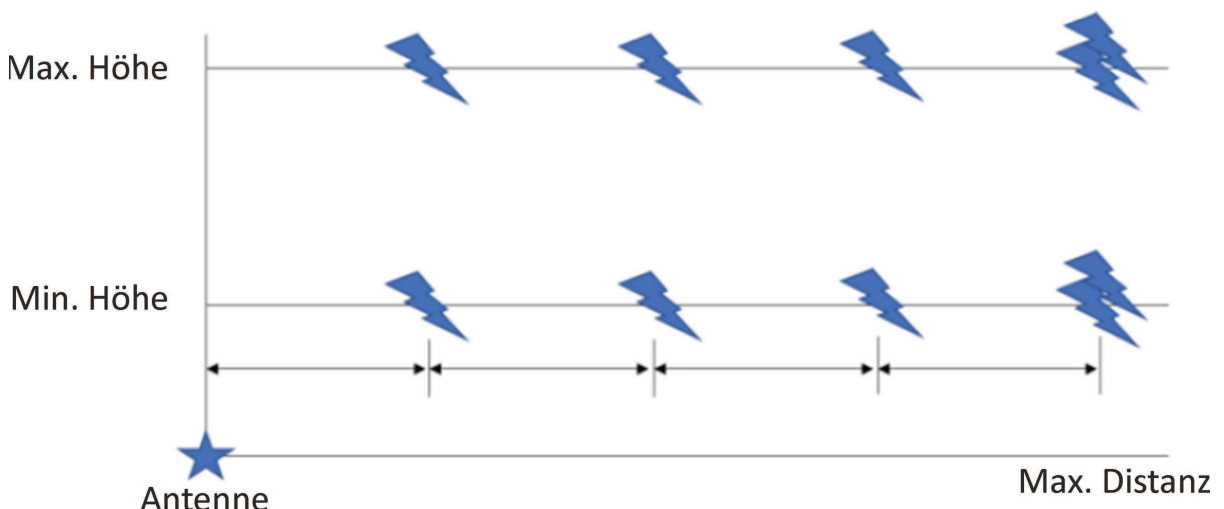


Bild 1 — Prüffolge für die Flugprüfung [Quelle: European Union Aviation Safety Agency, MOC Light-UAS.2511-01, „Means of Compliance with Light-UAS.2511 Containment“, Ausgabe 1, Mai 2022, Abschnitt 2.2.3]

- Bei ausschließlich automatischer Aktivierung müssen die folgenden Szenarien geprüft werden:
- 1) das UA fliegt gerade und mit gleichmäßiger Höhe bei Mindest- und Maximalhöhe (ohne Steig- und Sinkflugsegmente). Es müssen **20** Aktivierungen ausgelöst werden:
 - a) **10** bei Mindesthöhe mit Mindest- und Höchstgeschwindigkeit (siehe ANMERKUNG 1, ANMERKUNG 2),
 - b) **10** bei maximaler Höhe mit Mindest- und Höchstgeschwindigkeit (siehe ANMERKUNG 1, ANMERKUNG 2).
- Bei sowohl manueller als auch automatischer Aktivierung müssen die folgenden Szenarien geprüft werden:
- 1) das UA fliegt gerade und bei gleichmäßiger Höhe zu der/den Antenne(n) hin oder davon weg, die das Flugabbruchsignal überträgt bzw. übertragen, und zwar bei Mindest- und Maximalhöhe (ohne Steig- und Sinkflugsegmente). Es müssen **6** manuelle Aktivierungen ausgelöst werden:
 - a) **3** bei Mindesthöhe mit Höchstgeschwindigkeit, von denen **1** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüft und die anderen **2** bei Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1), wie in Bild 1 dargestellt;
 - b) **3** bei Maximalhöhe, von denen **1** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüft und die anderen **2** zwischen der Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1), wie in 1.a. dargestellt;
 - 2) das UA fliegt gerade und bei gleichmäßiger Höhe senkrecht zu der für die Prüfungen in 1. angegebenen Richtung, gleiche Höhen, gleiche Verteilung. Es müssen 6 manuelle Aktivierungen ausgelöst werden:
 - a) **3** bei Mindesthöhe mit Höchstgeschwindigkeit, von denen **1** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüft und die anderen **2** bei Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1), wie in Bild 1 dargestellt,
 - b) **3** bei Maximalhöhe, von denen **1** den *maximalen Betriebsabstand* bei dieser Höhe prüft und die anderen **2** bei Mindest- und Höchstgeschwindigkeit erfolgen (siehe ANMERKUNG 1), wie in 2.a. dargestellt;
 - 3) das UA fliegt gerade und mit gleichmäßiger Höhe bei Mindest- und Maximalhöhe (ohne Steig- und Sinkflugsegmente). Es müssen 8 automatische Aktivierungen ausgelöst werden:
 - a) **4** bei Mindesthöhe mit Mindest- und Höchstgeschwindigkeit (siehe ANMERKUNG 1 und ANMERKUNG 2),
 - b) **4** bei maximaler Höhe mit Mindest- und Höchstgeschwindigkeit (siehe ANMERKUNG 1 und ANMERKUNG 2).

Bei schwebfähigen Konfigurationen ist die Mindestgeschwindigkeit die Geschwindigkeit beim Schweben (Null); für die Demonstration der manuellen Aktivierung bei Mindestgeschwindigkeit sollte das UA mit willkürlicher Geschwindigkeit zum Auslöseort geflogen und muss vor der Auslösung des Flugabbruchs zum Stillstand gebracht werden.

Die dritte Geschwindigkeit darf eine beliebige Geschwindigkeit zwischen Mindest- und Höchstgeschwindigkeit sein. Wenn der Hersteller in den Herstelleranweisungen eine bestimmte Betriebsgeschwindigkeit empfiehlt (z. B. für die beste Haltbarkeit oder beste Nutzlastdatenqualität), dann muss dieser Wert gewählt werden. Wenn der Hersteller in den Herstelleranweisungen mehr als eine Betriebsgeschwindigkeit angibt (z. B. für beste Haltbarkeit, beste Reichweite, beste Nutzlastdatenqualität), dann müssen Proben dieser Werte gewählt werden.

Eine einzelne Prüfung gilt als bestanden, wenn die Mittel zum Flugabbruch die Fortsetzung des Flugs erfolgreich verhindert haben, oder äquivalent bei Ersatzverfahren. Es kann auf die Systemmerkmale verwiesen werden, die eine erfolgreiche Durchführung des Flugabbruchs anzeigen, wie in 4.1.2.1.2 angegeben, und auf die in 4.2.2 angegebenen Fallprüfungen.

Es darf mehr als ein Prüfkörper mit der gleichen Konfiguration für die Prüfungen verwendet werden. Zusätzlich dürfen beschädigte Prüfkörper durch Prüfkörper mit der gleichen Konfiguration ersetzt werden.

4.1.2.2 Anforderung (2) – Vorhersagbarkeit

- Die Anweisungen des Herstellers überprüfen, um die möglichen Flugabbruchverfahren zu ermitteln.
- Durch die Prüfung(en) nach 4.2.2.1 wird bestimmt, ob die durch das UAS durchgeführten Ereignisabfolgen der Beschreibung des Herstellers entsprechen.

Die Bewertung muss einmal je Flugabbruchverfahren erfolgen.

4.1.2.3 Anforderung (3) – Unabhängigkeit

4.1.2.3.1 Konformitäts-Checkliste

Die Unabhängigkeit ist vorrangig durch Überprüfung der Architekturspezifikation anhand der in der folgenden Konformitäts-Checkliste angegebenen Punkte nachzuweisen. Die Konstruktion muss auf Grundlage der vom Hersteller bereitgestellten technischen Dokumentation analysiert werden. Für weitere Anleitungen siehe Anhang A und Anhang B.

Wenn die Konstruktion zu komplex ist, um anhand der Architekturdarstellung die Konformität mit den Punkten der Konformitäts-Checkliste nachzuweisen, können die Punkte der Checkliste durch eine zusätzliche Fehlerinjektionsprüfung nach 4.1.2.3.2 ersetzt werden.

- Durch Überprüfung der Herstellerkonstruktion in der technischen Dokumentation wird verifiziert, dass:
 - 1) die Onboard-Flugabbruchfunktion des UA von der Flugsteuerungsfunktion und der Geocaging-Funktion (falls vorhanden) getrennt ist, so dass kein einzelner Fehler, der die Aktivierung der Mittel zum Flugabbruch erforderlich macht, zur Behebung die erfolgreiche Aktivierung und Durchführung der Mittel zum Flugabbruch behindert (ANMERKUNG 3);
 - 2) kein Fehler der Flugsteuerungsfunktion und der Geocaging-Funktion (falls vorhanden) irgendwelche Eingänge und Ausgänge beeinträchtigt, die für die erfolgreiche Aktivierung und Durchführung der Mittel zum Flugabbruch benötigt werden (ANMERKUNG 5);
 - 3) der Verlust der Flugabbruchfunktion nicht zur Behebung einen automatischen Flugabbruch auslöst;
 - 4) die Flugabbruchfunktion gegebenenfalls auf andere externe Dienste zurückgreift als diejenigen, die für die Flugsteuerungsfunktion und die Geocaging-Funktion (falls vorhanden) erforderlich sind (ANMERKUNG 2);
 - 5) falls die Flugabbruchfunktion eine elektrische Stromversorgung benötigt, die Stromversorgung der Mittel zum Flugabbruch eine adäquate Trennung zur Stromversorgung der Flugsteuerungsfunktion und der Geocaging-Funktion (falls vorhanden) aufweist, so dass ein einzelnes ausgefallenes Element die Durchführung der Flugabbruchfunktion nicht beeinträchtigt;
 - 6) wenn die Flugabbruchfunktion nur manuell ausgelöst wird:
 - a) die Einheit(en) zur Auslösung der Flugabbruchfunktion am Boden von der Ausrüstung zur Fernsteuerung des unbemannten Luftfahrzeugs während des UAS-Betriebs innerhalb des Betriebsraums getrennt ist/sind, und der Auslöser entsprechend den Anweisungen des Herstellers ord-

nungsgemäß gekennzeichnet und durch Sicherheitsmaßnahmen gegen unbeabsichtigte Verwendung geschützt ist,

- b) der Funksender des Flugabbruchbefehlssignals am Boden unabhängig vom Steuerungs- und Kontroll-Funksender (C2) ist (ANMERKUNG 1),
 - c) das Funkfrequenzband der für das Senden des Flugabbruchbefehlssignals verwendeten Funkfrequenzen von dem Steuerungs- und Kontroll-Funkfrequenzband (C2) des UAS getrennt ist (ANMERKUNG 1), und
 - d) der Onboard-Funkempfänger des UA für das Flugabbruchbefehlssignal unabhängig vom Steuerungs- und Kontroll-Funksender (C2) ist (ANMERKUNG 1);
- 7) falls die Flugabbruchfunktion als Kombination von manueller und automatischer Auslösung implementiert ist, kein Fehler, der zur Behebung einen Flugabbruch erfordern würde, die ordnungsgemäße Durchführung der Flugabbruchfunktion verhindert (getrennt von oder zusammen mit den Mitteln zum Flugabbruch) (siehe Anmerkung 6);
- 8) gegebenenfalls die Flugsteuerungsfunktion und die automatische Flugabbruchfunktion auf unterschiedliche externe Systeme (siehe ANMERKUNG 4) und externe Dienste (siehe ANMERKUNG 2) zurückgreifen.

ANMERKUNG 1 Wenn das UAS zum Senden der Befehle für die Flugsteuerung und den Flugabbruch getrennte redundante Funkverbindungen nutzt, einschließlich redundanter Funksender und Funkempfänger, dann gilt das Senden beider Befehle auf beiden Verbindungen als unabhängig.

ANMERKUNG 2 Im Rahmen dieser Norm gelten Mobilfunknetze (mobile Kommunikation) und U-Space-Dienste als externe Dienste.

ANMERKUNG 3 Die Flugabbruchfunktion darf nach EN 4709-005², 6.6 automatisch durch die Geocaging-Funktion ausgelöst werden, vorausgesetzt, es gibt ein anderes, von der üblichen und der Notfallsteuerung getrenntes Mittel zur Aktivierung, falls die Geocaging-Funktion nicht auslösen sollte. Es gibt zwei gangbare, alternative Aktionen, falls das Geocaging versagt:

- a) die manuelle Aktivierung des Flugabbruchs, wenn eine Verbindung vorhanden ist; oder
- b) eine weitere Implementierung der Geocaging-Funktion, die den Flugabbruch automatisch aktiviert, wenn die Grenzen des Betriebsraums verletzt werden.

ANMERKUNG 4 Es kann neben dem GNSS andere Verfahren zur Ortsbestimmung geben, wie beispielsweise Funknavigation und optische Lokalisierung. Die Ortsbestimmung ist abhängig von externen Systemen (GNSS-Satelliten, Funkfeuer, optischen Zielverfolgungsgeräten) und internen Systemen (Transpondern, Empfängern). Koppelnavigation und Trägheitsnavigation gelten nicht als Ortsbestimmung.

Wenn GNSS für die Aktivierung der Flugabbruchfunktion erforderlich ist:

- a) GNSS gilt im Rahmen dieser Norm als ein externes System. Die Verwendung von mehr als einer Konstellation gilt als angemessen;
- b) der GNSS-Empfänger gilt im Rahmen dieser Norm als ein internes System. Siehe auch Anmerkung 5.

Wenn die Koppelnavigation oder Trägheitsnavigation zur temporären Fehlerbehebung oder bei Nichtverfügbarkeit externer oder interner Systeme zur Ortsbestimmung verwendet wird, sind diese Verfahren für die Ortsbestimmung zulässig, wenn der Hersteller nachweist, dass:

- c) über eine in den Herstelleranweisungen angegebene Zeit t_k die 2-s-Zunahme der Unsicherheit kleiner ist als der Contingency-Raum; und

- d) die automatische Aktivierung nach dem Ablauf von tk deaktiviert wird, außer, die Ortsbestimmung wurde zu diesem Zeitpunkt vollständig wiederhergestellt.

Wenn ein gemeinsamer Sensor (z. B. gemeinsamer GNSS-Empfänger, Barometer, INS) verwendet wird, muss der Sensorausgang allen anderen Empfängern (Geocaging und/oder Autopilot) in einer Weise zur Verfügung gestellt werden, dass der Ausfall anderer Empfänger die beabsichtigte Flugabbruchfunktion nicht beeinträchtigt.

In diesem Fall muss die konservativste zeitliche Leistung (Erkennungszeit, Reaktionszeit) berücksichtigt werden.

4.1.2.3.2 Zusätzliche Fehlerinjektionsprüfung – Alternative

Für jeden Punkt der Konformitäts-Checkliste, der durch eine Prüfung ersetzt wird, müssen Einzelfehlerprüfungen nach EN 62368-1:2014, Anhang B.4, Nachgebildete Einzelfehler, durchgeführt werden.

Zu berücksichtigende Einzelfehlerbedingungen sind:

- a) Verbindungsunterbrechung von Bauteilen; und
 - b) fehlerhaftes Bauteilverhalten, das zu einem Kurzschluss führt.
- Für jede Einzelfehlerbedingung für jedes physikalische Element, bei dem die Bewertung nach Checkliste durch eine Fehlerinjektionsprüfung ersetzt wird, wird eine Einzelfehlerprüfung durchgeführt.
- Es wird verifiziert, dass die injizierten Fehler:
1. nicht dazu führen, dass das UA die Außengrenzen des Bodenrisikobereichs verlässt, und
 2. die ordnungsgemäße Durchführung der Flugabbruchfunktion nicht verhindern, wenn der Fehler dazu führen würde, dass das UA den Betriebsraum verlässt und der Flugabbruch aktiviert werden muss, damit das UA innerhalb des Bodenrisikobereichs bleibt.

ANMERKUNG Wenn das UA aufgrund des injizierten Fehlers nicht in der Luft gehalten werden kann, gilt die Prüfung als fehlgeschlagen.

4.1.3 Annahmekriterien

- 1) Es wird verifiziert, dass die Prüfungen zum Nachweis der Konformität mit den Zuverlässigkeitskriterien alle bestanden wurden.
- 2) Es wird verifiziert, dass die in den Prüfungen gezeigten Ereignisabläufe mit den Anweisungen des Herstellers übereinstimmen; es wird sichergestellt, dass das dokumentierte Verhalten mit dem tatsächlichen Verhalten übereinstimmt.
- 3) Es wird verifiziert, dass die Konstruktion den Unabhängigkeitskriterien entspricht.

4.2 Sinkflugleistung

4.2.1 Leistungsanforderungen

- 1) Die Flugabbruchfunktion muss die Fortsetzung des Flugs effektiv verhindern.
- 2) Nach der Aktivierung muss die Durchführung des Flugabbruchablaufs automatisch geschehen und darf keine Aktion durch den Fernpiloten erfordern.
- 3) Nach der Aktivierung muss die Flugabbruchfunktion die Erzeugung von horizontalem Schub verhindern.

- 4) Die vom UA nach Aktivierung der Flugabbruchfunktion zurückgelegte Distanz muss mit der Mindestdistanz des Bodenrisikobereichs kompatibel sein.

4.2.2 Verifizierungsverfahren

ANMERKUNG Siehe Anhang D für einen diesbezüglichen Leitfaden.

4.2.2.1 Anforderung (1) – Mittel

4.2.2.1.1 Allgemeines

- Durch Überprüfung der Herstelleranweisungen werden die möglichen Flugabbruchsmodi ermittelt.
- Die erfolgreiche Durchführung der Flugabbruchsequenz wird durch Ausführung eines der im Folgenden in 4.2.2.1.1 bis 4.2.2.1.3 beschriebenen Verfahren für jeden möglichen Flugabbruchmodus verifiziert.

ANMERKUNG Wenn ein Flugabbruchmodus bestimmte Fehlerbedingungen benötigt, die nicht leicht zu replizieren sind, wie beispielsweise eine Verschlechterung oder ein Verlust des GNSS, dann gelten die in EN 4709-001¹, 6.3.2.2 angegebenen Festlegungen.

Diese Prüfung ist von EN 4709-001¹, 4.5.2.3 und 5.1.1.2.1.1 abgeleitet und ergänzt EN 62368-1:2014. Hierauf darf Bezug genommen werden.

Fallprüfungen dürfen nach 4.1.2.1.3 mit Flugprüfungen kombiniert werden.

Die Prüfung muss nach EN 62368-1:2014, 4.8.4.4, M.4.4, sowie T.7 mit der unten angegebenen Fallhöhe durchgeführt werden. Die Prüfung darf mit anderen Fallprüfungen kombiniert werden.

Der grundlegende Aufbau ist in Bild 2 dargestellt.

Im Folgenden beziehen sich die Begriffe „Höchstgeschwindigkeit“ und „Mindestgeschwindigkeit“ auf die in den Herstelleranweisungen angegebenen Höchst- und Mindestgeschwindigkeiten, und ebenso beziehen sich die Begriffe „Mindesthöhe“ und „Maximalhöhe“ auf die in den Herstelleranweisungen angegebenen Mindest- und Maximalhöhen über dem Boden.

Wenn es sich beim UA um eine schwebfähige Konfiguration handelt, darf das UA an einer Leine aufgehängt werden, um unnötige Schäden am Prüfkörper zu verhindern.

Die Fallhöhe muss ausreichen, um sicherzustellen, dass das UA mit den eingesetzten Mitteln zur Verringerung der Aufschlagdynamik eine stabilisierte vertikale Geschwindigkeit erreicht. Die Fallhöhe H_{drop} beträgt 120 m AGL, außer das UAS ist auf niedrigere Werte begrenzt. Wenn das UA seine stabilisierte vertikale Geschwindigkeit aus einer niedrigeren Höhe als H_{drop} erreicht, dann ist die niedrigere Höhe ausreichend.

Die Prüfung muss mit MTOM durchgeführt werden.

Die Fallbedingung muss alle möglichen Betriebsparameter, Flugmodi und Flugmanöver widerspiegeln, die während der Verwendung auftreten können, einschließlich Höchst- und Mindestgeschwindigkeit sowie maximale und minimale Höhe. Wenn mehr als eine Fallbedingung möglich ist, muss die kritischste gewählt werden. Wenn die Ergebnisse nicht in einem Testfall kombiniert werden können, muss für jeden Testfall eine individuelle Prüfung durchgeführt werden.

Das UA kann aus dem Sinkflug herausgeholt werden, um einen Bodenkontakt zu verhindern, sobald die vertikale Geschwindigkeit stabilisiert wurde.

Der Prüfkörper muss nicht neu gefertigt sein und kann repariert sein, vorausgesetzt, die Reparatur wurde nach der vom Hersteller bereitgestellten Reparaturanleitung durchgeführt.

Die Konfiguration des Prüfkörpers einschließlich der Firmware-Konfiguration muss aufgezeichnet werden.

Es wird empfohlen, Kameras, die mindestens 60 Frames je Sekunde aufzeichnen, so zu positionieren, dass sie eine Seitenansicht des Aufpralls aufzeichnen.

Das UA muss mit eigener Kraft zur Fallposition geflogen werden; der Flugabbruch muss beim Erreichen einer vorher festgelegten „Auslöseposition“ ausgelöst werden wobei die vom Hersteller bereitgestellte Positionsgenauigkeit und Reaktionszeit zu berücksichtigen ist.

Es ist erforderlich, die folgenden Daten mit einem Zeitstempel aufzuzeichnen:

- Geschwindigkeit (Bodengeschwindigkeit; Fluggeschwindigkeit, falls verfügbar);
- Höhe über dem Boden oder dem Abflugpunkt (barometrisch, GNSS oder Bodentotalstation);
- horizontale Position (x-Nord, y-Ost, von GNSS oder Totalstation);
- Merkmale des Antriebssystems, die die Erzeugung des horizontalen Vorschubs angeben; es reicht aus, die elektrische Stromstärke aller Motoren für jede Konfiguration anzugeben, die den Flugabbruch durch Abschalten aller Motoren durchführt;

sowie die folgenden Ereignisse zu protokollieren:

- Auslösung der Flugabbruchfunktion (Ereignis);
- Aufsetzen auf dem Boden (Ereignis).

Die zurückgelegte horizontale Distanz zwischen der vertikalen Projektion des Auslösepunkts auf den Boden und dem Punkt, an dem das UA den Boden erreicht hat (Aufsetzen), wird bestimmt.

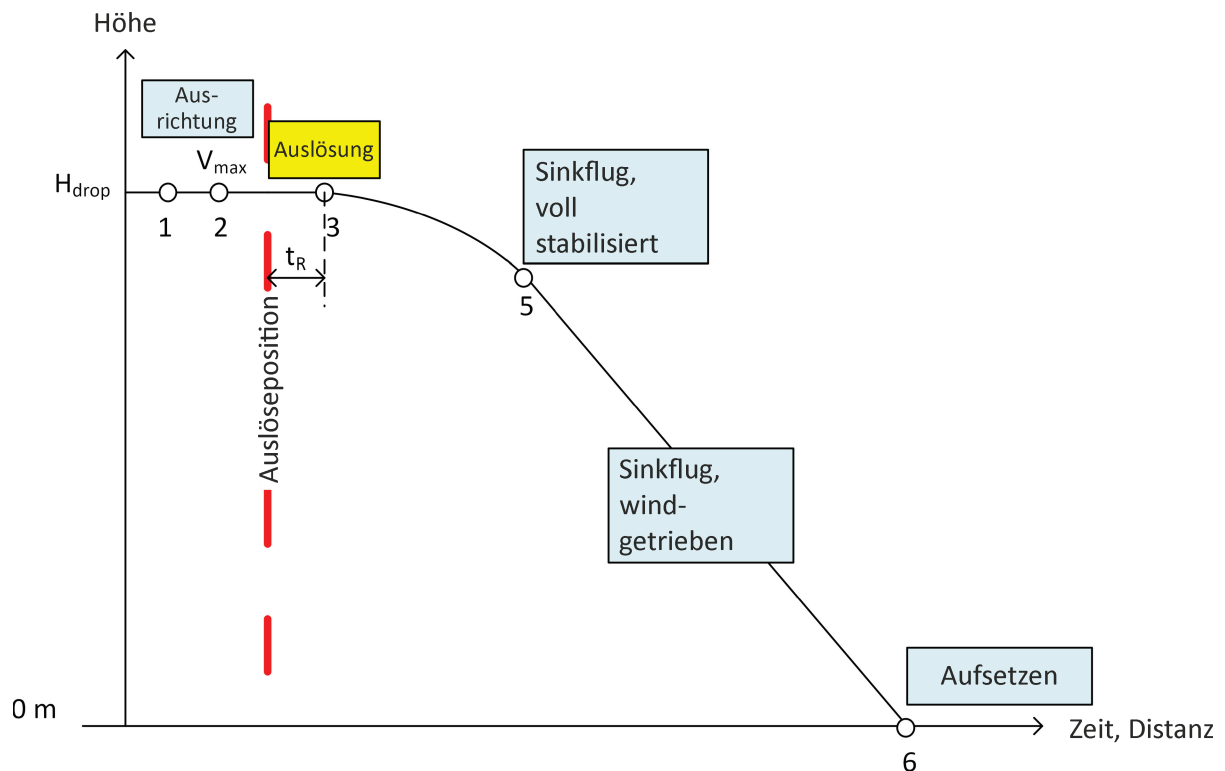


Bild 2 — Fallprüfungssequenz

Die Umgebungstemperatur und die Windbedingungen müssen aufgezeichnet werden. Die Windgeschwindigkeit während der Prüfung sollte 5 m/s nicht überschreiten.

Die Batterien müssen vollständig geladen sein. Die Prüfung muss unmittelbar nach dem Entfernen der Batterien aus dem Ladegerät durchgeführt werden, außer der Hersteller hat ein Mindestzeitintervall zwischen dem Ende der Aufladung und der Flugbereitschaft angegeben.

Die Prüfung muss **für jeden Testfall** mindestens einmal durchgeführt werden. Der aufgrund des Bodenaufpralls entstehende Trümmerbereich muss einmal bestimmt werden.

4.2.2.1.2 Prüfung für UA ohne Fallschirm, die eine Flachlandung oder eine Sackfluglandung durchführen

Dieses Verfahren kann für alle UA-Konfigurationen gewählt werden, bei denen die Landung flach oder im Sackflug ohne Fallschirm erfolgt.

Grundsätzlich ist eine Flugprüfung durchzuführen, um die Schlüsselparameter zu bestimmen (Bild 2).

Die Prüfung muss nach den folgenden Schritten durchgeführt werden:

- 1) das UA wird zur Maximalhöhe H_{drop} in Richtung des Auslösepunkts geflogen;
- 2) das UA wird im Horizontalflug (Höhe $H_{drop} \pm 5$ m) mit Höchstgeschwindigkeit geflogen, um die Ausführung der in den Herstelleranweisungen angegebenen Verfahren zur Demonstration des Flugabbruchs vorzubereiten;
- 3) beim Erreichen des *Auslösepunkts* werden entsprechend der UA-Positionsgenauigkeit die Reaktionszeit abgewartet und dann der Flugabbruch ausgelöst;
- 4) es werden alle Aktivitäten aufgezeichnet, die vom Fernpiloten durchgeführt werden müssen, bis das UA auf dem Boden aufgetroffen ist;
- 5) es wird die zurückgelegte horizontale Distanz zwischen der vertikalen Projektion des Auslösepunkts auf den Boden und dem Punkt, an dem das UA den Boden erreicht hat (Aufsetzen), aufgezeichnet;
- 6) eine Untersuchung des UA wird durchgeführt und alle durch die Fallprüfung verursachten Schäden am UA werden aufgezeichnet;
- 7) der Trümmerbereich wird bestimmt (falls vorhanden).

Die zurückgelegte Distanz muss bestimmt werden und sollte in Form von Tabellen (vgl. Tabelle 1) oder alternativ als Diagramme (vgl. Bild 4) dargestellt werden.

4.2.2.1.3 Prüfung der Fallschirmlandung des UA, wenn die Steuerung auf Grundlage der Bodengeschwindigkeit erfolgt

Dieses Verfahren ist für UA geeignet, deren Steuerung auf Grundlage der Bodengeschwindigkeit erfolgt und die mit einem Fallschirm ausgestattet sind.

Grundsätzlich ist eine Flugprüfung durchzuführen, um die Schlüsselparameter zu bestimmen (Bild 2) und um die zurückgelegte Distanz durch Nachbearbeitung zu extrapolieren:

- 1) das UA wird zur Maximalhöhe H_{drop} geflogen;
- 2) das UA wird im Horizontalflug (Höhe $H_{drop} \pm 5$ m) bei maximaler Bodengeschwindigkeit bei Rückenwind V_{max} mit gleichmäßiger Flughöhe geflogen und es werden die in den Herstelleranweisungen angegebenen Verfahren zur Demonstration des Flugabbruchs durchgeführt:

- bei Starrflüglerkonfigurationen muss das UA anfänglich getrimmt werden,
 - zu bestimmende Parameter: Höhe über dem Boden: H_2 ;
- 3) bei Erreichen der *Auslöselinie*: Auslösen des Flugabbruchs:
- zu bestimmender Parameter: Position: r_3 ;
- 4) es werden alle Aktivitäten aufgezeichnet, die vom Fernpiloten durchgeführt werden müssen, bis das UA auf dem Boden aufgetroffen ist;
- 5) Ausbringen des Fallschirms bis zur ersten Öffnung:
- dieser Teil behandelt die ballistische Flugbahn, bevor der Fallschirm vollständig geöffnet ist,
 - es können einige Flugprüfungen erforderlich sein, um die benötigte Zeit für das Ausbringen des Fallschirms zu ermitteln. Sobald diese ermittelt ist, kann eine ballistische Gleichung, beginnend bei der maximalen Bodengeschwindigkeit, ausreichen,
 - zu bestimmende Parameter: Zeit: t_5 , Position: r_5 , Höhe über dem Boden: H_5 ;
- 6) Sinkflug unter dem vom Wind vertriebenen Fallschirm bis zum Aufsetzen:
- es können einige Flugprüfungen erforderlich sein, um die durchschnittliche vertikale Geschwindigkeit unter dem Fallschirm zu ermitteln,
 - zu bestimmende Parameter: Zeit des Aufsetzens: t_6 ;
- 7) eine Untersuchung des UA wird durchgeführt und alle durch die Fallprüfung verursachten Schäden am UA werden aufgezeichnet;
- 8) der Trümmerbereich wird bestimmt (falls vorhanden).

Die zurückgelegte horizontale Distanz d muss wie folgt bestimmt werden:

$$d = d_1 + d_2 + \frac{H_5}{w_P} \cdot V_W + X$$

wobei

$$d_1 = t_R \cdot V_{max}$$

$$d_2 = |r_5 - r_3|$$

$$w_P = \frac{H_5}{t_6 - t_5}$$

V_W = höchste vom Hersteller angegebene Windgeschwindigkeit

t_R = Fehlererkennungs- und Reaktionszeit

X = vom Hersteller bereitgestellte Positionsunsicherheit

und sollte in Form von Tabellen (vgl. Tabelle 1) oder alternativ als Diagramme (vgl. Bild 4) dargestellt werden.

Die Gleichung kann verwendet werden, um die zurückgelegte Distanz bei anderen Wind- und Höhenbedingungen zu extrapolieren.

ANMERKUNG $H_5 - H_3$ ist gleich der Mindesthöhe für die Aktivierung.

4.2.2.1.4 Prüfung der Fallschirmlandung des UA, wenn die Steuerung auf Grundlage der Fluggeschwindigkeit erfolgt

Dieses Verfahren ist für UA geeignet, deren Steuerung auf Grundlage der Fluggeschwindigkeit erfolgt und die mit einem Fallschirm ausgestattet sind oder die Landung im Sackflug durchführen.

Grundsätzlich ist eine Flugprüfung durchzuführen, um die Schlüsselparameter zu bestimmen (Bild 2) und um die zurückgelegte Distanz durch Nachbearbeitung zu extrapolieren:

- 1) das UA wird zur Maximalhöhe H_{drop} geflogen;
- 2) das UA wird im Horizontalflug (Höhe $H_{drop} \pm 5$ m) bei maximaler Fluggeschwindigkeit bei Rückenwind V_{max} mit gleichmäßiger Flughöhe geflogen und die in den Herstelleranweisungen angegebenen Verfahren werden zur Demonstration des Flugabbruchs durchgeführt:
 - bei Starrflüglerkonfigurationen muss das UA anfänglich getrimmt werden,
 - zu bestimmende Parameter: Höhe über dem Boden: H_2 , Fluggeschwindigkeit: V_2 , Bodengeschwindigkeit: U_2 ;
- 3) Bei Erreichen der Auslöselinie: Auslösen des Flugabbruchs:
 - zu bestimmende Parameter: Zeit der Auslösung: t_3 , Position: r_3 ;
- 4) es werden alle Aktivitäten aufgezeichnet, die vom Fernpiloten durchgeführt werden müssen, bis das UA auf dem Boden aufgetroffen ist;
- 5) Ausbringen des Fallschirms bis zur ersten Öffnung (oder abgeschlossener Übergang zum Sackflug):
 - dieser Teil behandelt die ballistische Flugbahn, bevor der Fallschirm vollständig geöffnet ist,
 - es können einige Flugprüfungen erforderlich sein, um die benötigte Zeit für das Ausbringen des Fallschirms zu ermitteln. Sobald diese ermittelt ist, kann eine ballistische Gleichung, beginnend bei der maximalen Fluggeschwindigkeit plus der maximalen angegebenen Windgeschwindigkeit, ausreichen,
 - zu bestimmende Parameter: Zeit: t_5 ; Position: r_5 ; Höhe über dem Boden: H_5 ;
- 6) Sinkflug unter dem vom Wind vertriebenen Fallschirm bis zum Aufsetzen:
 - es können einige Flugprüfungen erforderlich sein, um die durchschnittliche vertikale Geschwindigkeit unter dem Fallschirm zu ermitteln,
 - zu bestimmende Parameter: Zeit des Aufsetzens: t_6 ;
- 7) eine Untersuchung des UA wird durchgeführt und alle durch die Fallprüfung verursachten Schäden am UA werden aufgezeichnet;
- 8) der Trümmerbereich wird bestimmt (falls vorhanden).

Die zurückgelegte horizontale Distanz d muss wie folgt bestimmt werden:

$$d = d_1 + d_2 + \frac{H_5}{w_p} \cdot V_W + X$$

wobei

$$d_1 = t_R \cdot (V_{max} + V_W)$$

$$d_2 = |r_5 - r_3| + (V_W - \tilde{V}_W) \cdot (t_5 - t_3)$$

$$w_P = \frac{H_5}{t_6 - t_5}$$

$$\tilde{V}_W = U_2 - V_2 \text{ Windgeschwindigkeit während der Prüfung}$$

V_W = höchste vom Hersteller angegebene Windgeschwindigkeit

t_R = Fehlererkennungs- und Reaktionszeit

X = vom Hersteller bereitgestellte Positionsunsicherheit

und sollte in Form von Tabellen (vgl. Tabelle 1) oder alternativ als Diagramme (vgl. Bild 4) dargestellt werden.

Die Gleichung kann verwendet werden, um die zurückgelegte Distanz bei anderen Wind- und Höhenbedingungen zu extrapolieren.

ANMERKUNG $H_5 - H_3$ ist gleich der Mindesthöhe für die Aktivierung.

4.2.2.2 Anforderung (2) – Automatisierte Sequenz

— Die Ergebnisse der Fallprüfung nach 4.2.2.1 bewerten.

4.2.2.3 Anforderung (3) – Verhinderung einer angetriebenen horizontalen Ortsveränderung

- Anhand der aufgezeichneten Prüfdaten der Fallprüfung werden die Merkmale des Antriebssystems bestimmt, die die Erzeugung von horizontalem Schub anzeigen.
- Es wird bestimmt, ob während der Zeitspanne zwischen der Aktivierung des Mittels zum Flugabbruch und dem Aufsetzen die Merkmale des Antriebssystems anzeigen, dass kein horizontaler Schub vorhanden ist.

Falls der Flugabbruch auf der Unterbrechung der Motorstromversorgung(en) beruht, reicht es aus zu zeigen, dass:

- a) bei Konfigurationen, die den Flugabbruch mit dem Einsatz eines Fallschirms durchführen, die elektrische Stromstärke aller Motoren Null (Aus) ist; oder
- b) bei Konfigurationen, die den Flugabbruch durch Abschalten aller Motoren durchführen, die elektrische Stromstärke aller Motoren Null (Aus) oder negativ (rekuperierend) ist.

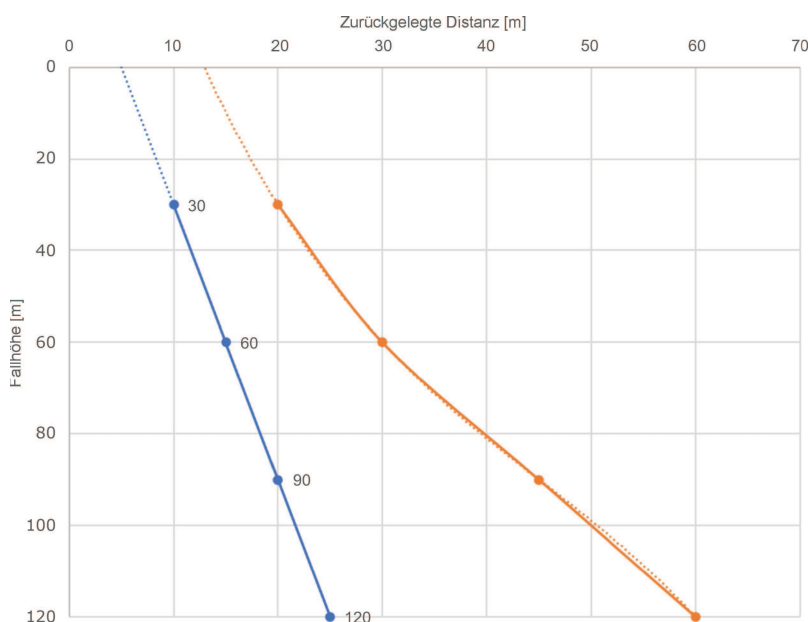
4.2.2.4 Anforderung (4) – Sinkgeschwindigkeit und zurückgelegte Distanz

- Anhand der aufgezeichneten Prüfdaten der Fallprüfung nach 4.2.2.1 wird die zurückgelegte Distanz einschließlich des Trümmerbereichs ermittelt.
- Die vertikale Sinkgeschwindigkeit wird bei jeder Prüfung überprüft.
- Die zurückgelegte vertikale Distanz bei Fallhöhe wird mit den Mindestwerten verglichen:
 - a) Mindest-Bodensicherheitsbereichs in den Herstelleranweisungen nach 5.3.2.3, und

- b) maximale Distanz in Tabelle 1, Spalte C und Spalte D, oder Bild 4, für die entsprechende MTOM des UA;
nur für Klasse C5.

Tabelle 1 — Maximal zurückgelegte horizontale Distanz (nur Klasse C5)

A	B	C	D
Höhe über dem Boden während der Fallprüfung	Fallhöhe ($B = 120\text{ m} - A$)	Maximal zurückgelegte horizontale Distanz bei einer MTOM von bis zu 10 kg	Maximal zurückgelegte horizontale Distanz bei einer MTOM von mehr als 10 kg (bis zu 25 kg)
90 m	30 m	10 m	20 m
60 m	60 m	15 m	30 m
30 m	90 m	20 m	45 m
0 m	120 m	25 m	60 m



Legende

- Maximal zurückgelegte Distanz bei einer MTOM von bis zu 10 kg
- Maximal zurückgelegte Distanz bei einer MTOM von mehr als 10 kg (bis zu 25 kg)
- Linear (maximal zurückgelegte horizontale Distanz bei einer MTOM von bis zu 10 kg)
- Poly. [maximal zurückgelegte Distanz bei einer MTOM von mehr als 10 kg (bis zu 25 kg)]

Bild 3 — Maximal zurückgelegte horizontale Distanz (nur Klasse C5)

4.2.3 Annahmekriterien

- 1) Die erfolgreiche Durchführung der Flugabbruchsequenz wird verifiziert.
- 2) Es wird verifiziert, dass keine andere Aktion außer dem Flugabbruch erforderlich ist, um den Sinkflug bis zum Auftreffen auf den Boden durchzuführen.
- 3) Es wird verifiziert, dass in der Zeitspanne zwischen der Aktivierung des Mittels zum Flugabbruch und der Landung kein horizontaler Vorschub vorhanden ist.

- 4) Es wird verifiziert, dass die während der Fallhöhe zurückgelegte horizontale Distanz kleiner ist als der angegebene Bodensicherheitsbereich.

4.3 Mittel zur Minderung der Auswirkungen der UA-Aufpralldynamik

ANMERKUNG Siehe Anhang D für einen diesbezüglichen Leitfaden.

4.3.1 Leistungsanforderungen

- 1) Falls erforderlich, muss das UA mit Mitteln zur Minderung der Auswirkungen der UA-Aufpralldynamik ausgestattet sein, so dass wahrscheinlich kein *erheblicher Aufprallschaden* am UA auftritt.
- 2) Die Mittel zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik müssen automatisch als Teil der Durchführung des Flugabbruchs ausgelöst werden.
- 3) Fall die Mittel zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik Aktivitäten erfordern, um die ordnungsgemäße Funktionalität zu erhalten, muss der Hersteller die erforderlichen Anweisungen erstellen und bereitstellen.

4.3.2 Verifizierungsverfahren

4.3.2.1 Anforderung (1) – Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik

- Durch Überprüfung der Herstelleranweisungen werden die Mittel zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik bestimmt.
- Durch Überprüfung der UA-Konstruktion wird verifiziert, ob das UA mit den Mitteln zur Minderung der Auswirkungen der Aufpralldynamik ausgerüstet ist.
- Die Ergebnisse der Fallprüfung werden nach 4.2.2.1 bewertet.
- Es wird verifiziert, dass kein *erheblicher Aufprallschaden* aufgetreten ist.

4.3.2.2 Anforderung (2) – Automatisierte Sequenz

- Die Ergebnisse der Fallprüfung werden nach 4.2.2.1 bewertet.

4.3.2.3 Anforderung (3) – Einzuhaltende Anweisungen

- Überprüfung der Herstelleranweisungen nach 5.3.2.1, Punkt i.
- Es wird bestimmt, ob Anweisungen bereitgestellt werden für:
 - a) die Sichtprüfung;
 - b) die Reinigung;
 - c) den Austausch von Bauteilen, die bei der Aktivierung verbraucht oder wahrscheinlich bei der Durchführung beschädigt wurden.
- Falls nicht, wird bestimmt, dass solche Aktivitäten nicht erforderlich sind.

4.3.3 Annahmekriterien

- 1) Es wird verifiziert, dass kein *erheblicher Aufprallschaden* während oder unmittelbar nach der Fallprüfung aufgetreten ist.

- 2) Es wird verifiziert, dass keine andere Aktion außer dem Flugabbruch erforderlich ist, um den Sinkflug bis zum Auftreffen auf den Boden durchzuführen.
- 3) Es wird verifiziert, dass der Hersteller falls erforderlich die benötigten Anweisungen für Aktivitäten zur Aufrechterhaltung der ordnungsgemäßen Funktionalität bereitgestellt hat.

4.4 Herstelleranweisungen

Um die Konformität mit dieser Anforderung nachzuweisen, müssen UA-Hersteller Anforderungen (1) und Anforderung (2) von 5.3.1, die zugehörigen Verifizierungsverfahren nach 5.3.2.1 und 5.3.2.2 und die Annahmekriterien nach 5.3.3, (1) und (2) durchführen.

5 Produktanforderungen und Konformität von Mitteln zum Flugabbruch von UAS der Klasse 6

5.1 Zuverlässigkeit, Vorhersagbarkeit und Unabhängigkeit

Um die Konformität mit dieser Anforderung nachzuweisen, müssen UA-Hersteller 4.1 anwenden.

5.2 Sinkflugeistung

5.2.1 Allgemeines

Um die Konformität mit dieser Anforderung nachzuweisen, müssen UA-Hersteller Anforderung (1), Anforderung (2) und Anforderung (3) von 4.2.1, die zugehörigen Verifizierungsverfahren nach 4.2.2.1, 4.2.2.2 und 4.2.2.3 und die Annahmekriterien nach 4.2.3, (1), (2) und (3) durchführen.

Anstelle von 4.2.1 Anforderung (4) gilt Folgendes.

5.2.2 Leistungsanforderungen

- 4) Die Sinkgeschwindigkeit und die zurückgelegte Distanz müssen mit dem vom Hersteller in den Herstelleranweisungen angegebenen Mindest-Bodensicherheitsbereich kompatibel sein (siehe 5.3.2.3 a.).

5.2.3 Verifizierungsverfahren

ANMERKUNG Siehe Anhang D für einen diesbezüglichen Leitfaden.

5.2.3.1 Anforderung (4) – Sinkgeschwindigkeit und zurückgelegte Distanz

- Anhand der aufgezeichneten Prüfdaten der Fallprüfung wird, wie in 4.2.2.1 beschrieben, die zurückgelegte Distanz ermittelt.
- Die zurückgelegte Distanz bei Fallhöhe wird mit dem vom Hersteller in den Herstelleranweisungen angegebenen Mindest-Bodensicherheitsbereich verglichen (siehe 5.3.2.3 a.).

5.2.4 Annahmekriterien

- 4) Es wird verifiziert, dass die bei Fallhöhe zurückgelegte Distanz kleiner als der vom Hersteller in den Herstelleranweisungen angegebene Mindest-Bodensicherheitsbereich ist.