



Sicherheitsempfehlung Nr. 587

Ausgabedatum der Sicherheitsempfehlung	06.06.2023
Nummer Schlussbericht	2390
Sicherheitsdefizit	<p>Rund eine Minute nach dem Start bei der Universität Zürich (UZH) Irchel löste die Drohne M2 V9 automatisch das Flugabbruchsystem (Flight Termination System – FTS) aus und leitete einen Notabstieg mit Fallschirm ein. Nach dem Ausstossen des Fallschirms riss die Verbindungsleine, und die Drohne schlug ungebremst auf den Waldboden auf und wurde zerstört.</p> <p>Nach dem Auslösen des Notfallschirms wurde das akustische Warnsignal von den Personen unweit der Absturzstelle nicht gehört, womit der Zweck, Drittpersonen am Boden zu warnen, nicht erfüllt war.</p> <p>Wie die Untersuchung zeigte, lag der Wert der Aufprallenergie der Drohne ungeachtet ihrer Beladung deutlich über dem bis dato in der Praxis verwendeten Wert von 80 J.</p>
Sicherheitsempfehlung	<p>Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte durch geeignete Massnahmen sicherstellen, dass die Aufprallenergie einer am Fallschirm zu Boden gleitenden Drohne für Drittpersonen am Boden keine erhebliche Verletzungsgefahr darstellt.</p>
Adressaten	BAZL Bundesamt für Zivilluftfahrt
Stand der Umsetzung	<p>Umgesetzt – Mit Schreiben vom 29. September 2023 nimmt das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) wie folgt Stellung: «Das Bundesamt für Zivilluftfahrt ist mit der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlung Nr. 587 teilweise einverstanden. Das BAZL genehmigt den Drohnenbetrieb in der «speziellen» Kategorie [4] aufgrund der Beurteilung einer Risikobewertung und der vom Antragsteller bzw. vom Betreiber vorgelegten Dokumentation gemäss der 'Specific Operation Risk Assessment' (SORA) Methodik. Die SORA-Methodik basiert auf dem Prinzip eines ganzheitlichen bzw. gesamtsystembezogenen, risikobasierten Modells, welches zur Bewertung der Risiken im Zusammenhang mit einem bestimmten Einsatzzweck verwendet wird. Das Modell berücksichtigt nebst allen Arten von Gefahren, die mit einer bestimmten Störung verbunden sind, auch die Konstruktion (design) des unbemannten Luftfahrzeuges sowie die vorgeschlagenen betrieblichen Massnahmen zur Risikominderung.</p> <p>Die ursprüngliche Genehmigung für den Betrieb von Matternet/Post (der Drohne SUI-9903) basierte auf der SORA Version 1.0 (JAR-DELWG6-D.04 V1.0). Seit dem 18.03.2022 stellt die SORA Version 2.0 [1] die Grundlagen für eine Bewilligung durch das BAZL dar.</p> <p>SORA folgt dem konservativen Ansatz, wonach jede direkte Auswirkung auf eine Person als tödlich zu betrachten ist ([1], §2.1 c, [5]). Durch die Anwendung der SORA-Methodik hat der Antragsteller</p>

die Möglichkeit, eine geringere Letalität geltend zu machen. Eine Möglichkeit zur Reduktion des Bodenrisikos sind Massnahmen, die die Auswirkungen des Aufpralls am Boden verringern sollen, sobald die Kontrolle über den Betrieb des unbemannten Luftfahrzeugs verloren gegangen ist. Dies wird durch die Verringerung der Auswirkungen der Aufpralldynamik (d. h. Fläche, Energie, Impuls, Übertragungsenergie usw.) des unbemannten Luftfahrzeugs bewerkstelligt. Der Einsatz von Fallschirmen (wie bei Matternet/Post) ist eine solche Massnahme zur Risikominderung (sogenannte M2 Risikominderung am Boden), die die von den Personen am Boden beim Aufprall absorbierte Energie verringern soll.

Ein Antragsteller kann mit M2 [6] Massnahmen die Reduktion der Auswirkungen eines Aufpralls aufzeigen, indem er die kritische Aufprallfläche verringert und/oder die Dynamik der Energieübertragung (nicht der Aufprallenergie) begrenzt.

Im Schlussbericht Nr. 2390 der SUST wird in Kapitel 2.2.2

«Maximale Aufprallenergie» 80 Joule [J] als Grenzwert für tödliche Verletzungen angegeben. Dieser Wert stammt aus der Forschung über (punktuelle) penetrierende Hochgeschwindigkeitsverletzungen, d. h. durch Kugeln und Geschosse, und eignet sich nicht zur Bewertung der Auswirkungen eines Aufpralls durch UAS. Die 80 J beziehen sich auf die maximale Energie, die bei einem Aufprall auf eine Person übertragen wird. Sie bezieht sich nicht auf die maximale Aufprallenergie eines Drohnenabsturzes, unabhängig davon, ob ein Fallschirm funktioniert oder nicht.

Die derzeitige Praxis stützt sich auf die 'Abbreviated Injury Scales' [7], die aus der Automobilindustrie sowie der Forschung zur Bewertung der Schwere von Bodenkollisionen mit UAS stammen [2, 8].

Zudem ist der Verweis auf den Grenzwert von 80 J nicht relevant im Zusammenhang mit dem Betrieb von UAS, die einer Betriebsgenehmigung unterliegen (spezielle Kategorie nach (EU) 2019/947, [3]). Der Grenzwert von 80 J ist im Rahmen des UAS-Betriebs in der «offenen» Kategorie relevant, d.h. Betrieb der keiner Genehmigung unterliegt:

- Anhang zu (EU) 2019/947, Teil 2 – Anforderungen für C1 UAS: 80 J ist die Obergrenze [3]
- (EU) 2019/947 Artikel 14 (5) a): Betreiber von UAS mit übertragener kinetischer Energie > 80 J oder MTOM > 250 g (Offene Kategorie) [3]

Am 6. Juli 2023 hat die EASA die „Means of Compliance with Light-UAS.2512 (\"M2 MoC\")“ [2] veröffentlicht, welche alle notwendigen Richtlinien und technischen Grundlagen enthält, um „M2 Medium Robustness“ zu erfüllen und typischerweise ein Fallschirmsystem zu berücksichtigen. Das BAZL stützt sich bei der Erteilung von Betriebsgenehmigungen für UAS auf dieses MoC, wenn eine mittlere Robustheit von M2 gefordert ist.

Aus Sicht des BAZL ist die Umsetzung der Sicherheitsempfehlung Nr. 587 aufgrund der obgenannten Erläuterungen zum heutigen Zeitpunkt bereits umgesetzt. Die Sicherheitsempfehlung und das damit verbundene Sicherheitsdefizit werden im Rahmen des Verfahrens zur Erteilung der Betriebsgenehmigung nach (EU) 2019/947 [3] berücksichtigt.

Das BAZL erachtet die Sicherheitsempfehlung Nr. 587 hiermit als abgeschlossen.»

[1] JARUS Guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA). JAR-DEL-WG6-D.04; Joint Authorities for Rulemaking of Unmanned Systems; 30 January 2019, Edition No. 2.0, http://jarus-rpas.org/wp-content/uploads/2023/07/jar_doc_06_jarus_sora_v2.0.pdf

[2] EASA Means of Compliance with Light-UAS.2512 / Means of compliance with SORA M2 (medium robustness) "M2 MoC", Doc.

No. MOC Light-UAS.2512-01, Issue 1, 6 July 2023,
<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/product-certification-consultations/means-compliance-mitigation-means-m2-ref-amc>

[3] Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge und dazugehörige AMC,
<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmannedaircraft-systems-regulations-eu>

[4] Art. 5 der Durchführungsverordnung (EU) 2019/947 der Kommission vom 24. Mai 2019 über die Vorschriften und Verfahren für den Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge

[5] Das dem SORA zugrundeliegende Risikomodell geht immer von einem katastrophalen Ausgang aus, d.h. ein Aufprall auf eine Person führt immer zu einem Todesfall. Alle Überlegungen in Bezug auf Verletzungen sind subjektiv und unterliegen einer Risikobewertung, die sich auf den jeweiligen Fall bezieht.

[6] M2 Mitigation: Es sind Systeme vorhanden, um die Auswirkungen von Stößen auf die Menschen vor Ort zu verringern.

[7] Die Abbreviated Injury Scale, kurz AIS-Score, ist ein mehrfach erweiterter Score zur Schwerebeurteilung von Traumata bei Patienten mit Polytrauma. Dabei werden insgesamt 9 Körperregionen mit 6 Schweregraden bewertet.

(flexikon.doccheck.com)

[8] Arterburn, D., Ewing, M., Prabhu, R., Zhu, F., & Francis, D. (2017). FAA UAS Center of Excellence task A4: UAS ground collision severity evaluation, revision 2.

([assureuas.org/wp-content/uploads/2021/06/A4-Final-Report.pdf](https://www.assureuas.org/wp-content/uploads/2021/06/A4-Final-Report.pdf))

**Untersuchungsberichte zur
Sicherheitsempfehlung**

[Zwischenbericht](#)

[Schlussbericht](#)

[Final report](#)

[Vorbericht](#)
