



## Summarischer Bericht

Bezüglich des vorliegenden schweren Vorfalles wurde eine summarische Untersuchung gemäss Artikel 45 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. Februar 2015 (SR 742.161) durchgeführt. Dieser Bericht wurde mit dem Ziel erstellt, dass aus dem vorliegenden Zwischenfall etwas gelernt werden kann.

<b>Luftfahrzeugmuster</b>	Cessna 525	HB-VWM		
<b>Halter</b>	Nomad Aviation AG, Lindenstrasse 23, 8302 Kloten			
<b>Eigentümer</b>	Flylease GmbH, Christoph Merian-Ring 23, 4153 Reinach			
<b>Kommandant</b>	Finnischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1969			
<b>Ausweis</b>	Berufspilotenlizenz für Flugzeuge ( <i>Commercial Pilot Licence Aeroplane – CPL(A)</i> ) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit ( <i>European Aviation Safety Agency – EASA</i> ), ausgestellt durch das Luftfahrt-Bundesamt, Deutschland			
<b>Flugstunden<sup>1</sup></b>	<b>insgesamt</b>	ca. 7000 h	<b>während der letzten 90 Tage</b>	--- h
	<b>auf dem Vorfalldmuster</b>	---	<b>während der letzten 90 Tage</b>	---
<b>Chefpilot<sup>2</sup></b>	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1976			
<b>Ausweis</b>	Verkehrspilotenlizenz für Flugzeuge ( <i>Airline Transport Pilot Licence Aeroplane – ATPL(A)</i> ) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit ( <i>European Aviation Safety Agency – EASA</i> ), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL).			
<b>Flugstunden</b>	<b>insgesamt</b>	2976 h	<b>während der letzten 90 Tage</b>	69:35 h
	<b>auf dem Vorfalldmuster</b>	1323 h	<b>während der letzten 90 Tage</b>	69:35 h
<b>Ort</b>	Regionalfugplatz Lugano-Agno (LSZA)			
<b>Koordinaten</b>	---	<b>Höhe</b>	---	
<b>Datum und Zeit</b>	14. März 2016, 09:13 UTC (LT <sup>3</sup> = UTC <sup>4</sup> + 1 h)			
<b>Betriebsart</b>	Gewerbsmässig			
<b>Flugregeln</b>	Instrumentenflugregeln ( <i>Instrument Flight Rules – IFR</i> )			
<b>Startort</b>	Lugano-Agno (LSZA)			
<b>Zielort</b>	Frankfurt (EDDF)			
<b>Flugphase</b>	Start und Steigflug			

<sup>1</sup> Der Kommandant war nicht in der Lage, die notwendigen Angaben zu machen.

<sup>2</sup> Die Bezeichnung «Chefpilot» bezieht sich in diesem Bericht auf die Funktion dieser Person in der Organisation des Eigentümers der HB-VWM und nicht auf die Funktion in der Organisation des Halters.

<sup>3</sup> LT: *Local Time*, Normalzeit

<sup>4</sup> UTC: *Universal Time Coordinated*, koordinierte Weltzeit

---

**Art des schweren Vorfalls** Geruchsentwicklung und Sichtbeeinträchtigung durch Dunstschleier

---

<b>Personenschaden</b>	<b>Besatzungsmitglieder</b>	<b>Passagiere</b>	<b>Drittpersonen</b>
Leicht verletzt	0	0	0
Nicht verletzt	2	4	0

---

**Schaden am Luftfahrzeug** Nicht beschädigt

**Drittschaden** Es entstand kein Drittschaden.

---

## Sachverhalt

### Vorgeschichte

Das zweistrahlige Geschäftsreiseflugzeug des Musters Cessna 525 Citation CJ1+, eingetragen als HB-VWM, wurde im Jahr 2009 in Betrieb genommen und mehrheitlich durch den gleichen Piloten, der auch die Funktion des Chefpiloten wahrnahm, während rund 1323 Stunden geflogen.

Von 2009 bis zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles wurden keine speziellen Gerüche durch die Besatzungen oder die Passagiere wahrgenommen oder rapportiert.

Am 10. März 2016 wurde die HB-VWM vom Chefpiloten und einem weiteren Piloten nach Abschluss der Instandhaltungsarbeiten bei Altenrhein Aviation ohne spezielle Vorkommnisse von Altenrhein (LSZR) nach Lugano-Agno (LSZA) überflogen. Das Flugzeug wurde an seinem üblichen Hangarplatz geparkt und für weitere Flugaufträge bereitgestellt.

### Flugverlauf

Die Besatzung, bestehend aus einem Kommandanten und dem Chefpiloten, traf sich am Morgen des 14. März 2016 auf dem Flugplatz Lugano zur Vorbereitung des Fluges. Es war geplant, mit der HB-VWM vier Passagiere von Lugano nach Frankfurt (EDDF) zu fliegen. Während des gesamten Fluges war der Kommandant als fliegender Pilot (*Pilot Flying – PF*) und der Chefpilot als assistierender Pilot (*Pilot Monitoring – PM*) eingesetzt. Es war vorgesehen, die Linieneinführung des Kommandanten vorzunehmen, der schon im Besitz der Musterberechtigung war. Zu diesem Zweck fungierte der Chefpilot als Ausbildungskapitän (*Training Captain – TC*).

Nach dem Einsteigen der Passagiere wurden die Kabinentür verriegelt und die Triebwerke gestartet. Anschliessend rollte die HB-VWM über den Rollweg N zur Piste 19. Der Start erfolgte um 09:13 UTC.

Beim Einfahren des Fahrwerks nahm der PM erstmals einen abnormalen Geruch wahr. In dieser Phase beurteilte er diesen als nicht besonders schlimm. Der Kommandant nahm kurz darauf einen rasch auftretenden, üblen Geruch wahr. Er beschrieb diesen als Öl- oder Motorengeruch und nicht als Geruch mit elektrischer Ursache.

Auf einer Höhe von ungefähr 3000 ft AMSL<sup>5</sup>, machte der PM den Kommandanten darauf aufmerksam, dass es nach verbranntem Öl roch und sich im Cockpit ein Rauchsleier entwickelt hatte. Dieser wurde vom Kommandanten als blau eingefärbter Dunst wahrgenommen.

Die Besatzung erklärte eine Notlage, brach den Steigflug sofort ab und blieb dadurch unterhalb der Wolkenuntergrenze. Damit hatte sie die Möglichkeit, einen Sichtanflug zurück nach Lugano durchzuführen. Da bereits der Wechsel auf die Frequenz von Milano stattgefunden hatte, musste die Besatzung die Meldung der Notlage auch auf der Frequenz von Lugano absetzen.

Zu diesem Zeitpunkt war auch in der Passagierkabine ein Dunstsleier vorhanden. Die Passagiere baten um die Sauerstoffmasken, die von der Besatzung sofort aktiviert wurden.

Präzisere Angaben über die Art und Herkunft des Dunstsleiers konnten die Passagiere nicht machen. Gemäss den Angaben der Besatzung hatte der Rauch weder in der Nase noch in den Augen eine brennende oder reizende Wirkung.

Nachdem der Kommandant die Triebwerksleistung auf Leerlauf reduziert und die Klimaanlage ausgeschaltet hatte, verbesserte sich die Situation deutlich. Nach einem Sichtanflug und der Landung, die rund 4 Minuten nach dem Start erfolgte, rollte die HB-VWM zur Parkposition. Dabei wurde sie von der Flugplatzfeuerwehr begleitet.

---

<sup>5</sup> AMSL: *Above Mean Sea Level*, über dem mittleren Meeresspiegel

Nachdem die Triebwerke abgestellt waren, wurde die Tür geöffnet. Die Besatzung und die Passagiere verliessen das Flugzeug. Gemäss Aussage der Besatzung verflüchtigte sich nun der Rauch. Die Feuerwehr konnte ihrerseits keinen Rauch feststellen und beurteilte die Verfassung der Insassen als gut. Die Piloten schilderten dem Einsatzleiter, dass sie nach dem Start blauen Rauch und Ölgeruch festgestellt hatten. Die Feuerwehr suchte die HB-VWM mit der Infrarotkamera nach Hitzequellen ab, konnte aber nichts Aussergewöhnliches feststellen. Ebenso fand die Feuerwehr keine Hinweise bezüglich der Geruchs- und Rauchentwicklung.

Die Besatzung informierte die *Airport Authority* über den Zwischenfall. Diese entschied, die Behörden nicht sofort zu informieren. Das Flugzeug wurde aus Platzgründen auf eine andere Parkposition verschoben.

### Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des schweren Vorfalls

Über dem Sottoceneri (TI) hielt sich ausgedehnte Schichtbewölkung. Der Wind war schwach, sowohl am Boden als auch in den untersten 4000 ft über Grund.

Wetter/Wolken	5/8-7/8 auf 3800 ft AAE <sup>6</sup>
	5/8-7/8 auf 4300 ft AAE
Sicht	10 km oder mehr
Wind	Aus 180 Grad mit 4 kt
Temperatur/Taupunkt	8 °C / 4 °C
Luftdruck (QNH)	1024 hPa (Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO <sup>7</sup> -Standardatmosphäre)

### Systembeschreibung der Kabinenkonditionierung

Das Flugzeug HB-VWM ist mit einer klimatisierten Druckkabine ausgerüstet. Komprimierte Luft von den Triebwerken speist und steuert die Kabinendruckbelüftung und weitere Systeme. Zusätzlich wird die Kühlung der Kabinenluft durch ein separates Klimatisierungssystem sichergestellt.

Die von den Triebwerk-Kompressoren komprimierte und dadurch bis auf ca. 600°C erwärmte Luft wird in den beiden Vorkühlern (*precooler*) mit Stauluft auf maximal 293°C vorgekühlt. Danach wird sie in einem gemeinsamen Kanal entweder zur Flügelenteisung, zur Kabinenbelüftung oder zur Windschutzscheibenheizung verteilt.

Am Boden und bei geringer Flughöhe kann der Kabinenluft mit dem Frischluft-Ventilator (*fresh air fan*) zusätzlich frische Stauluft beigemischt werden.

Das Kabinen-Kühlsystem ist ein selbständiges Umluft-System, unabhängig vom Drucksystem der Kabine (vgl. Abbildung 1). Dabei handelt es sich um ein Wärmetauschsystem, das nach dem Prinzip einer Klimaanlage funktioniert.

<sup>6</sup> AAE: *Above Airport Elevation*, über Flugplatzhöhe

<sup>7</sup> ICAO: *International Civil Aviation Organization*

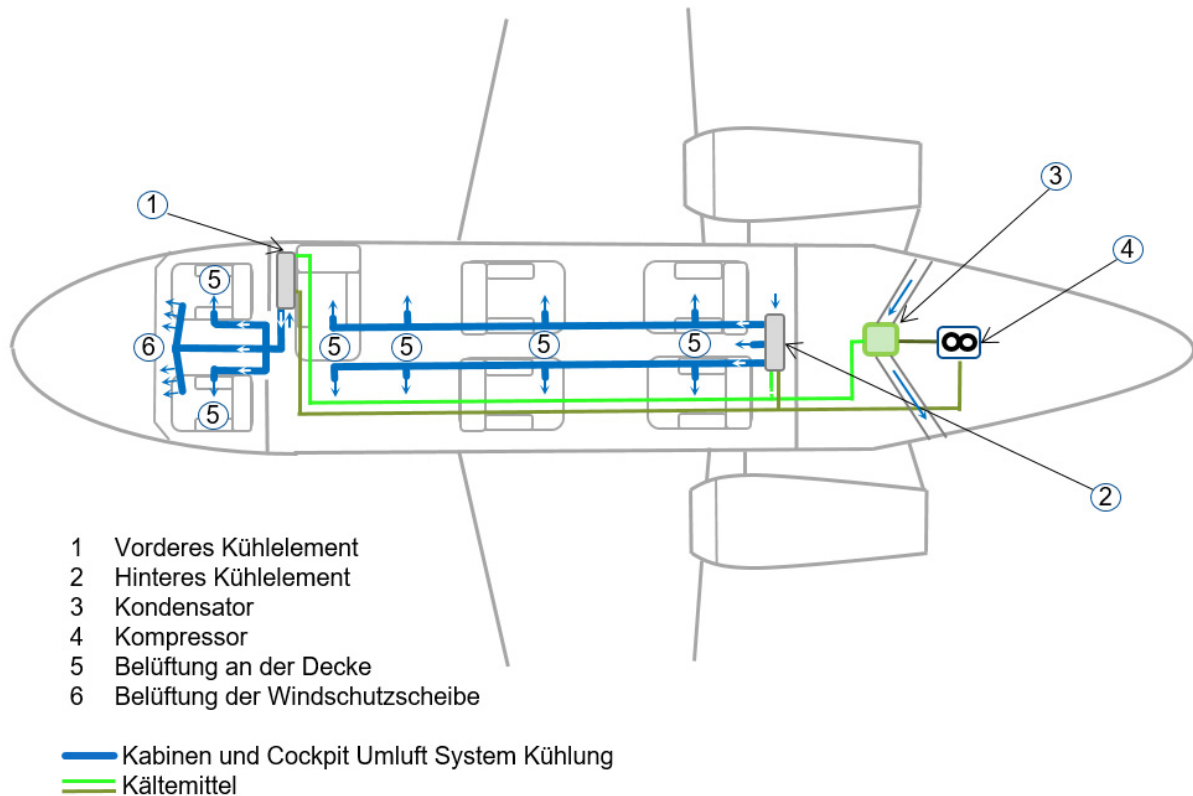


Abbildung 1: Umluft- und Kühlsystem für Kabine und Cockpit

**Feststellungen**

**Datenaufzeichnungsgeräte**

Da die HB-VWM weder mit einem Flugdatenschreiber (*Flight Data Recorder – FDR*) noch mit einem Cockpitgeräuschaufzeichnungsgerät (*Cockpit Voice Recorder – CVR*) ausgerüstet war, standen für die Sicherheitsuntersuchung diesbezüglich keine Informationen zur Verfügung. Dies erschwerte die Untersuchung erheblich.

**Befunde nach dem schweren Vorfall**

Die HB-VWM wurde nach dem schweren Vorfall einer Fehlersuche unterzogen. Weder bei der ersten Untersuchung auf dem Vorfeld in Lugano, noch während des anschließenden Kontrollfluges und dem Überflug zum Instandhaltungsbetrieb Cessna Zurich Citation Service Center liessen sich mit dem Vorfall vergleichbare Gerüche feststellen. Bei den dort durchgeführten, detaillierten Untersuchungen konnten Spuren von ausgetrockneter Flüssigkeit in den *air ducts* festgestellt werden. Dabei handelte es sich möglicherweise um Reste des Kompressorwaschmittels.

Das Flugzeug wurde seit dem schweren Vorfall mehrere hundert Flugstunden ohne weitere Geruchs- oder Rauchentwicklungen eingesetzt.

**Instandhaltungsarbeiten**

Die HB-VWM wurde vor dem schweren Vorfall am 29. Februar 2016 nach Altenrhein (LSZR) zum Instandhaltungsbetrieb Altenrhein Aviation überflogen, wo sie bis am 10. März 2016 einer periodischen Inspektion und weiteren Instandhaltungsarbeiten unterzogen wurde. Folgende Arbeiten im Bereich der Kabinenconditionierung wurden bescheinigt:

„[...]“

- *FWD & AFT evaporator module inspection*

- *L/H & R/H precooler replacement*
- *engine 1 & engine 2 compressorwash [...]*

Das Flugzeug wurde anschliessend für den Betrieb freigegeben (*certificate of release to service*).

Die Vorschriften des Herstellers sehen vor, dass die zellenseitigen Zapflutrohre vor dem Waschvorgang der Triebwerkkompressoren abgedeckt werden müssen. Dies wurde nicht gemacht. Somit bestand die Möglichkeit, dass durch Kompressorwaschflüssigkeit befeuchtete und mit Schmutzteilchen kontaminierte Luft in die zellenseitigen Zapflutrohre und von hier weiter in das Kabinenconditionierungssystem des Flugzeuges gelangen konnte. Um zu verhindern, dass diese kontaminierte Luft weiter in die Kabinenbelüftung gelangen kann, sieht der Hersteller zusätzlich vor, dass der *air source selector* auf OFF gestellt werden muss. Da die Mechaniker am Anfang des Prüflaufs eine Geruchsentwicklung feststellen konnten, liegt der Schluss nahe, dass während des Waschvorgangs kontaminierte Luft in das System geführt wurde.

### **Chemische Analyse der Schmutzablagerungen**

Die chemische Analyse der Schmutzablagerung in den verschiedenen Belüftungsrohren schliesst mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Übereinstimmung mit den Vergleichsflüssigkeiten aus. Die Hydraulikflüssigkeit Aeroshell 41 sowie das Turbinenöl Mobil Jet Oil II enthalten beide Phosphor. Dieses Element kam in keiner der Proben vor. Unter dem Vorbehalt, dass die Menge der Ablagerung sehr gering und volatil gewesen sein kann, darf davon ausgegangen werden, dass diese Flüssigkeiten für den aktuellen Fall von Rauchentwicklung nicht in Frage kommen. Zudem war es nicht möglich, vorbestandene Ablagerungen von jenen zu unterscheiden, die beim schweren Vorfall hätten entstehen können.

Es muss ferner in Betracht gezogen werden, dass es sich auch um einen transienten Vorgang gehandelt haben kann, der keinerlei Spuren hinterlassen hat.

### **Geruchstest**

Im Rahmen der Untersuchung wurde ein Geruchstest vorbereitet und mit verschiedenen Probanden, unter anderem dem Chefpiloten, durchgeführt. Dabei wurden folgende Flüssigkeiten verwendet:

- Mobil Jet Oil II
- Zok 27 (Konzentrat)
- Aeroshell Fluid 41
- Shell Piston Engine Oil 15W50 (als Vergleich)
- Wasser (als neutraler Geruch)

Personen die in Luftfahrtinstandhaltungsbetrieben tätig sind, konnten die Gerüche der Flüssigkeiten den einzelnen Substanzen zuordnen. Der Chefpilot konnte keinen dieser Gerüche dem am Tag des schweren Vorfalls wahrgenommenen Geruch zuordnen.

## **Analyse**

### **Waschvorgang der Triebwerkkompressoren**

Die HB-VWM wurde nach dem Waschvorgang der Triebwerkkompressoren insgesamt während rund 90 Minuten mit laufenden Triebwerken geprüft und anschliessend nach Lugano überflogen. Dabei wurden die Zapflutrohre bzw. die Rohre der Kabinenbelüftung mit heisser Druckluft durchströmt. Allfällige Rückstände vom Kompressorwaschverfahren wären somit rasch ausgetrocknet worden.

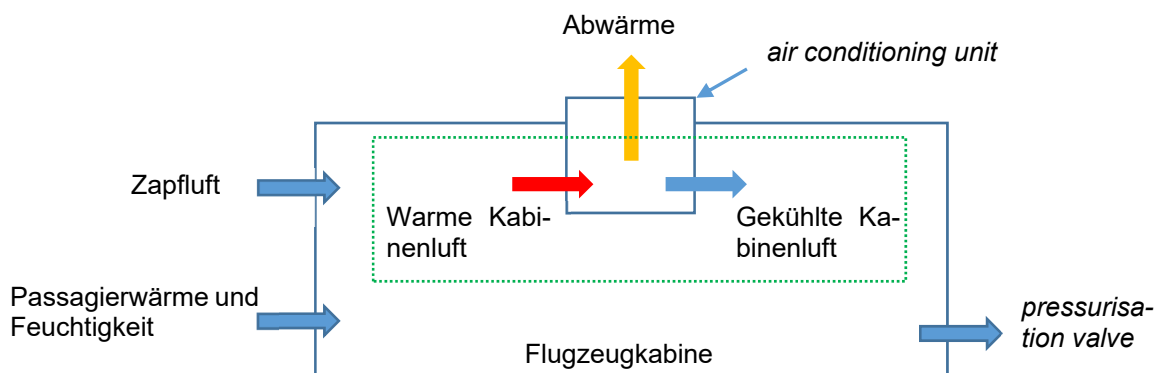
Es konnte nicht nachgewiesen werden, ob eine Kontaminierung durch Rückstände aus dem Kompressorwaschverfahren eine Rolle beim schweren Vorfall gespielt hatte.

### Dampfbildung aus dem Kabinenluftkühlsystem

Wird warme Luft abgekühlt, so erhöht sich die relative Luftfeuchtigkeit. Zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls herrschte eine Temperatur von 8 °C bei einem Taupunkt von 4 °C, was einer relativen Luftfeuchtigkeit von 76 % und einem absoluten Wassergehalt von 6.3 g/m<sup>3</sup> entspricht. Wasserdampf kondensiert bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit. Dabei entsteht Dunst und Nebel.

Zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls befanden sich 6 Insassen an Bord, die durch die Atmung, Ausdünstung und Bekleidung zusätzliche Feuchtigkeit an die Kabinenluft abgaben und damit die Luftfeuchtigkeit in der Kabine erhöhten.

Das Modell des Wärme- und Feuchtigkeitshaushalt in der Flugzeugkabine kann wie folgt dargestellt werden:



**Abbildung 2:** Physikalisches Modell der Passagierkabine der HB-VWM

Die warme Kabinenluft wird mittels Ventilatoren durch ein vorderes, bzw. hinteres Umluftkühlgerät (*air conditioning unit*) geblasen und abgekühlt.

Bei ausreichender Konzentration von Kondensationskeimen entstehen die ersten Wolkentröpfchen bereits ab 85 Prozent relativer Feuchte, was einer Temperatur von rund 6 °C entspricht. Es braucht also nicht die komplette Sättigung bei 100 Prozent relativer Feuchte, um feine Nebelschwaden entstehen zu lassen. Diese konnten bereits ab einer Temperatur von knapp 6 °C sichtbar werden, wenn die gekühlte Luft in die Kabine strömte.

In der zivilen und militärischen Fliegerei sind mehrere solche Fälle bekannt und dokumentiert.

Die Tatsache, dass die Insassen kein Brennen oder Reizen der oberen Atemwege und Augen beklagten, deutet auf eine neutrale Substanz hin, wie dies zum Beispiel kondensierter Wasserdampf ist. Da sich zudem durch das Ausschalten der Kaltluftanlage (*air conditioning*) die Situation schlagartig verbesserte, liegen Indikatoren vor, dass möglicherweise Kondensationsvorgänge die Ursache für den Nebelschleier in der Kabine waren.

### Menschliche und betriebliche Aspekte

Die Flugbesatzung nahm kurz nach dem Abheben einen abnormalen Geruch wahr, darauffolgend einen die Sicht beeinträchtigenden Dunstschleier, der sich ebenfalls in der Passagierkabine bemerkbar machte. Die Besatzung schätzte das Gefahrenpotential als hoch ein. Sie entschied sich, den Steigflug unmittelbar unter der Wolkenuntergrenze abubrechen, um unter Sichtflugbedingungen weiterzufliegen. Der Entscheid, so schnell wie möglich auf den Startflugplatz zurückzufliegen, war sicherheitsbewusst.

## Schlussfolgerungen

Der schwere Vorfall bestand darin, dass die Besatzung eine Geruchsentwicklung wahrnahm und im Cockpit und in der Passagierkabine eine durch einen Dunstschleier verursachte Sichtbeeinträchtigung entstand. Die Besatzung brach daraufhin den Steigflug ab, erklärte eine Notlage und kehrte zum Ausgangsflugplatz zurück. Die Ursache für die Geruchsentwicklung und Sichtbeeinträchtigung konnte nicht identifiziert werden.

Das Nichteinhalten der Wartungsvorschriften beim Waschen der Triebwerkkompressoren hat die Entstehung und den Verlauf des schweren Vorfalls höchstwahrscheinlich nicht beeinflusst, stellt aber grundsätzlich ein Sicherheitsrisiko dar.

Mit Blick auf diese Ergebnisse kommt die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle zum Schluss, dass bezüglich des vorliegend untersuchten schweren Vorfalls keine weiteren Ergebnisse zu erwarten sind, die für die Verhütung eines solchen Zwischenfalls notwendig wären. Deshalb verzichtet die SUST gestützt auf Art. 45 VSZV auf weitere Untersuchungshandlungen und schliesst die Untersuchung mit dem vorliegenden summarischen Bericht ab.

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

Bern, 20. Juli 2022

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle