



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST  
Service suisse d'enquête de sécurité SESE  
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISl  
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Bereich Aviatik

# **Schlussbericht Nr. 2294 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST**

über den schweren Vorfall (Airprox)

zwischen dem Verkehrsflugzeug Avro RJ100, HB-IYW,  
betrieben durch Swiss Global Air Lines AG  
unter Flugplankennzeichen SWR 1193,

und dem Heissluftballon Cameron A-160, HB-BYI,

vom 3. Juni 2015

in der TMA LSZH 11, bei Wigoltingen/TG

## Causes

L'incident grave est dû à l'entrée dans un espace aérien de classe C par un ballon à air chaud sans l'autorisation d'un service de contrôle aérien, ayant provoqué un rapprochement dangereux avec un avion de ligne sous guidance radar en phase d'approche pour l'aéroport de Zürich.

Le facteur suivant a joué un rôle causal dans l'incident grave :

- la prise de conscience insuffisante du pilote du ballon à air chaud concernant la séparation minimale requise avec des aéronefs dans la TMA.

Les facteurs suivants ont joué un rôle systémique dans l'incident grave ;

- la présentation discrète du trafic VFR en cas d'un franchissement non autorisé des limites de la TMA sur les écrans radar des contrôleurs aériens ;
- la programmation inadéquate de l'avertisseur de conflit à court terme STCA.

Le facteur suivant a joué un rôle dans la survenue de l'incident grave :

- la réticence du pilote du ballon à air chaud à contacter les services de la sécurité aérienne.

Bien que ne jouant pas un rôle dans la survenue et le déroulement de l'incident grave, les facteurs systémiques suivants ont néanmoins été identifiés présentant un risque de sécurité (*factors to risk*) :

- déficit général de connaissances quant à l'utilisation d'altimètres et de transpondeurs ;
- la configuration des systèmes de radiocommunication ne permet pas aux contrôleurs du secteur d'approche à communiquer sur la fréquence 122.250 MHz dédiée aux ballons ;
- le caractère restrictif de l'obligation d'utiliser le transpondeur sous la TMA ;
- l'organisation des espaces aériens et leur limites verticales autour de l'aéroport de Zürich est de nature à permettre le développement de situations dangereuses à partir d'erreurs relativement insignifiantes.

## Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten schweren Vorfalls.

Gemäss Artikel 3.1 der 10. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 18. November 2010, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Sicherheitsuntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand gebührend Rechnung zu tragen.

Alle Angaben beziehen sich, soweit nicht anders vermerkt, auf den Zeitpunkt des schweren Vorfalls.

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in koordinierter Weltzeit (*coordinated universal time* – UTC) angegeben. Für das Gebiet der Schweiz galt zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) als Normalzeit (*local time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MESZ und UTC lautet:  
 $LT = MESZ = UTC + 2 \text{ h.}$

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>Untersuchung</b> .....	<b>8</b>
<b>Kurzdarstellung</b> .....	<b>8</b>
<b>Ursachen</b> .....	<b>8</b>
<b>Sicherheitsempfehlungen</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Sachverhalt</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Vorgeschichte und Verlauf des schweren Vorfalls</b> .....	<b>9</b>
1.1.1 Allgemeines.....	9
1.1.2 Vorgeschichte.....	9
1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls.....	11
1.1.4 Ort und Zeit des schweren Vorfalls.....	13
<b>1.2 Angaben zu Personen</b> .....	<b>13</b>
1.2.1 Allgemeines.....	13
1.2.2 Kommandant SWR 1193.....	13
1.2.3 Copilot SWR 1193.....	13
1.2.4 Pilot HB-BYI.....	13
1.2.5 Flugverkehrsleiterin Approach East (Coach).....	14
1.2.6 Flugverkehrsleiter Approach East (Trainee).....	14
1.2.7 Flugverkehrsleiterin Final.....	14
<b>1.3 Angaben zu den Luftfahrzeugen</b> .....	<b>14</b>
1.3.1 Luftfahrzeug 1, Verkehrsflugzeug.....	14
1.3.2 Luftfahrzeug 2, Heissluftballon.....	15
<b>1.4 Meteorologische Angaben</b> .....	<b>15</b>
1.4.1 Allgemeine Wetterlage.....	15
1.4.2 Wetter zur Zeit des schweren Vorfalls.....	15
1.4.3 Astronomische Angaben.....	16
1.4.4 Webcamaufnahme.....	16
<b>1.5 Navigationshilfen</b> .....	<b>16</b>
<b>1.6 Kommunikation</b> .....	<b>17</b>
<b>1.7 Angaben zum Luftraum</b> .....	<b>18</b>
1.7.1 Luftraumstruktur.....	18
1.7.2 Staffelung zwischen Luftfahrzeugen.....	18
<b>1.8 Flugschreiber</b> .....	<b>18</b>
1.8.1 SWR 1193.....	18
1.8.2 Heissluftballone.....	18
<b>1.9 Warnsysteme</b> .....	<b>19</b>
1.9.1 SWR 1193.....	19
1.9.2 Heissluftballone.....	19
1.9.3 Bodenseitige Warnsysteme.....	19
<b>1.10 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung</b> .....	<b>20</b>
1.10.1 Schweizerischer Ballonverband.....	20
1.10.2 Flugsicherungsunternehmen Skyguide.....	21
1.10.3 Bundesamt für Zivilluftfahrt.....	21
1.10.3.1 Angaben zur Transponderpflicht.....	21
1.10.3.2 Anpassungen am Lizenzierungswesen.....	21
<b>1.11 Zusätzliche Angaben</b> .....	<b>22</b>
1.11.1 Widersprüchliche Angaben zur vertikalen Separation.....	22
1.11.2 Angaben zur Navigationsausrüstung von Heissluftballonen.....	22
1.11.3 Angaben zur Einstellung von Höhenmessern.....	22

1.11.4	Angaben zur Prüfung von Höhenmessern .....	23
1.11.5	Angaben zum Einsatz von Funkgeräten .....	24
1.11.6	Angaben zum Einsatz von Transpondern .....	24
1.11.7	Angaben zur Prüfung von Transponderanlagen .....	25
1.11.8	Einstellung der Funkgeräte der Flugsicherung auf eine Ballonfrequenz.....	26
<b>1.12</b>	<b>Vergleichbare Vorfälle .....</b>	<b>26</b>
1.12.1	Airprox in der TMA Zürich vom 11. August 2012 .....	26
1.12.2	Airprox in der TMA Bern vom 15. September 2012 .....	27
<b>2</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1</b>	<b>Technische Aspekte.....</b>	<b>28</b>
2.1.1	Allgemeines .....	28
2.1.2	Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem TCAS .....	28
2.1.3	Konfliktwarnsystem STCA .....	28
2.1.4	Funksystem der Flugsicherung .....	28
2.1.5	Ausrüstung zur Höhenmessung des Heissluftballons .....	28
<b>2.2</b>	<b>Menschliche und betriebliche Aspekte.....</b>	<b>29</b>
2.2.1	Pilot des Heissluftballons HB-BYI.....	29
2.2.2	Piloten der weiteren Heissluftballone .....	30
2.2.3	Besatzung SWR 1193 .....	30
2.2.4	Flugverkehrsleiter .....	30
<b>2.3</b>	<b>Verfahrensvorgaben .....</b>	<b>31</b>
2.3.1	Transponderpflicht.....	31
2.3.2	Höhenmessereinstellung .....	31
2.3.3	Periodische Prüfung von Höhenmessern und Transponderanlagen .....	32
2.3.4	Luftraumstruktur um den Flughafen Zürich .....	32
<b>3</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Befunde.....</b>	<b>33</b>
3.1.1	Technische Aspekte .....	33
3.1.2	Besatzungen .....	33
3.1.3	Mitarbeiter der Flugsicherung.....	33
3.1.4	Flugverlauf .....	33
3.1.5	Rahmenbedingungen .....	33
<b>3.2</b>	<b>Ursachen.....</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfalle getroffene Massnahmen .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen.....</b>	<b>35</b>
4.1.1	Allgemeines .....	35
4.1.2	Sicherheitsempfehlungen zur Verringerung der Kollisionsgefahr zwischen Grossflugzeugen und Flugzeugen der Sport- und Leichtaviatik .....	36
4.1.2.1	Sicherheitsdefizit.....	36
4.1.2.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 518 .....	38
4.1.2.3	Sicherheitsempfehlung Nr. 519 .....	38
4.1.3	Sicherheitsempfehlung zur Darstellung von VFR-Verkehr auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter .....	38
4.1.3.1	Sicherheitsdefizit.....	38
4.1.3.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 520 .....	39
4.1.4	Sicherheitsempfehlung zur Verbesserung des bodenseitigen Konfliktwarnsystems ....	39
4.1.4.1	Sicherheitsdefizit.....	39
4.1.4.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 521 .....	39
4.1.5	Sicherheitsempfehlung zur Behebung von Ausbildungsdefiziten .....	39
4.1.5.1	Sicherheitsdefizit.....	39
4.1.5.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 522 .....	40
<b>4.2</b>	<b>Sicherheitshinweise .....</b>	<b>40</b>

---

<b>4.3</b>	<b>Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen .....</b>	<b>40</b>
4.3.1	Massnahmen des Schweizerischen Ballonverbandes .....	40
4.3.2	Massnahmen der Skyguide .....	40
4.3.3	Massnahmen des Civil Aviation Safety Office .....	40

## Schlussbericht

### Zusammenfassung

Luftfahrzeug 1, Verkehrsflugzeug

Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd., Basel
Halter	Swiss Global Air Lines AG, Basel
Hersteller	British Aerospace (Regional Aircraft) Ltd., Woodford, Vereinigtes Königreich
Luftfahrzeugmuster	Avro RJ100, „Jumbolino“
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-IYW
Flugplankennzeichen	SWR 1193
Funkrufzeichen	<i>Swiss one one niner three</i>
Flugregeln	Instrumentenflugregeln ( <i>instrument flight rules – IFR</i> )
Betriebsart	Linienflug
Abflugort	Nürnberg (EDDN)
Bestimmungsort	Zürich (LSZH)

Luftfahrzeug 2, Heissluftballon

Eigentümer	Privat
Halter	Privat
Hersteller	Cameron Balloons Ltd., Bristol, Vereinigtes Königreich
Luftfahrzeugmuster	A-160
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-BYI
Flugregeln	Sichtflugregeln ( <i>visual flight rules – VFR</i> )
Betriebsart	Privat
Startort	Uesslingen-Buch TG
Landeort	Birwinken TG

Ort 1 NM nordwestlich des Wegpunkts AMIKI  
Ortschaft Hasli bei Wigoltingen/TG

Datum und Zeit 3. Juni 2015, 17:47 UTC

Flugsicherungsstelle *Zurich Arrival*

Luftraum TMA LSZH 11, Klasse C, Untergrenze 6500 ft AMSL

Geringster Abstand der beiden  
Luftfahrzeuge 0.4 NM horizontal und 500 ft vertikal

Vorgeschriebene Mindeststaffelung 5 NM horizontal oder 500 ft vertikal

Airprox-Kategorie ICAO-Kategorie B

## Untersuchung

Der schwere Vorfall ereignete sich am 3. Juni 2015 um 17:47 UTC. Die Meldung traf am 4. Juni 2015 um 14:42 Uhr UTC ein. Nach umfassenden Vorabklärungen wurde die Untersuchung am 31. Juli 2015 eröffnet.

Der Schlussbericht wird von der SUST veröffentlicht.

## Kurzdarstellung

Im Nahkontrollbezirk (*terminal control area* – TMA) des Flughafens Zürich kam es am 3. Juni 2015 zu einer gefährlichen Annäherung eines Verkehrsflugzeugs des Musters Avro RJ100 „Jumbolino“ an einen Heissluftballon des Musters Cameron A-160. Das Verkehrsflugzeug befand sich dabei unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Zürich. Der Heissluftballon hielt sich ohne Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle, aber mit eingeschaltetem Transponder im Nahkontrollbezirk auf. Im Verkehrsflugzeug wurde ein Ausweichbefehl (*resolution advisory* – RA) des Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystems (*traffic alert and collision avoidance system* – TCAS) ausgelöst. Die Annäherung der Luftfahrzeuge erfolgte bis auf eine Distanz von 0.4 NM horizontal und 500 ft vertikal. Das Verkehrsflugzeug konnte seinen Anflug anschliessend wie geplant weiterführen und landete auf dem Flughafen Zürich, während der Heissluftballon seine Fahrt durch den Nahkontrollbezirk fortsetzte.

## Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass ein Heissluftballon ohne Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle in einen Luftraum der Klasse C einfuhr, was zu einer gefährlichen Annäherung an ein Verkehrsflugzeug führte, das sich unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Zürich befand.

Als direkte Ursache wurde folgender Faktor ermittelt:

- Das mangelnde Bewusstsein des Ballonpiloten bezüglich seiner minimal möglichen Separation zu Luftfahrzeugen in der TMA.

Als systemische Ursachen wurden folgende Faktoren ermittelt:

- Die unauffällige Darstellung von VFR-Verkehr auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter nach einem nicht bewilligten Einflug in die TMA;
- Die unzureichende Programmierung des bodengestützten Konfliktwarnsystems.

Zur Entstehung des schweren Vorfalls hat folgender Faktor beigetragen:

- Die Hemmung des Ballonpiloten, Kontakt zur Flugsicherung aufzunehmen.

Im Rahmen der Untersuchung wurden folgende Faktoren zwar nicht als ursächlich oder beiträgend, aber dennoch als systemisch risikoreich erkannt (*factors to risk*):

- Verbreitete Wissensdefizite zum Gebrauch von Höhenmessern und Transponderanlagen;
- Die durch die Auslegung der Funksysteme bedingte Unmöglichkeit für Flugverkehrsleiter der Anflugleitstelle, auf der Ballonfrequenz von 122.250 MHz zu kommunizieren;
- Die eingeschränkte Transponderpflicht unter der TMA;
- Die Lufträume um den Flughafen Zürich mit ihrer vertikalen Ausdehnung sind so ausgelegt, dass auch verhältnismässig kleine Fehler bereits zu gefährlichen Situationen führen können.

## Sicherheitsempfehlungen

Mit diesem Schlussbericht werden fünf Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

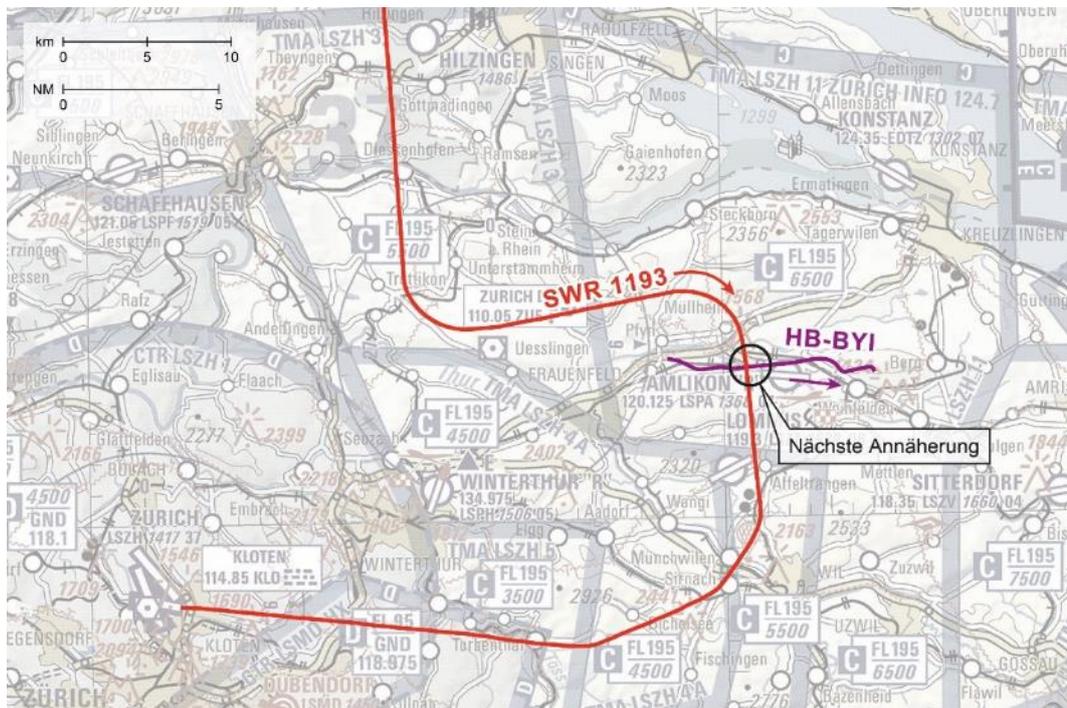
## 1 Sachverhalt

### 1.1 Vorgeschichte und Verlauf des schweren Vorfalls

#### 1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs, Radardaten sowie die Aussagen von Besatzungsmitgliedern und Flugverkehrsleitern verwendet. Zusätzlich standen der Untersuchung Fotografien zur Verfügung (vgl. Kapitel 1.8.2).

Die gefährliche Annäherung ereignete sich im Nahkontrollbezirk (*terminal control area – TMA*) LSZH 11 und im Bereich der Zuständigkeit der Anflugleitstelle Zürich, genauer der Arbeitsplätze *Zurich Arrival* und *Zurich Final*. Die TMA LSZH 11 hat eine Untergrenze von 6500 ft AMSL<sup>1</sup> und ist dem Luftraum der Klasse C zugeordnet (vgl. Abbildung 1 und Kapitel 1.7).



**Abbildung 1:** Flugspur des Verkehrsflugzeuges SWR 1193 (rot) und Flugspur des Heissluftballons HB-BYI (violett) auf der ICAO-Luftfahrtkarte der Schweiz von 2015. Zum Zeitpunkt der nächsten Annäherung betrug die Höhe des Heissluftballons 6770 ft AMSL. Basiskarte/Luftbild reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie Swisstopo (JA150149).

#### 1.1.2 Vorgeschichte

Am 3. Juni 2015 gegen 17:00 UTC startete der als HB-BYI eingetragene Heissluftballon Cameron A-160 bei Uesslingen-Buch/TG zu einer Passagierfahrt. Neben dem Piloten befanden sich 5 Passagiere an Bord. Die Fahrt erfolgte in östlicher Richtung.

Rund 10 Minuten nach dem Start der HB-BYI und unabhängig von diesem starteten zwei weitere Heissluftballone nebeneinander vom selben Startplatz bei Warth-

<sup>1</sup> AMSL: *above mean sea level*, Höhe über dem mittleren Meeresspiegel. Zur Ermittlung der vertikalen Distanz eines Luftfahrzeuges zu einer TMA-Untergrenze muss der Höhenmesser des Luftfahrzeuges auf das korrekte QNH eingestellt sein (vgl. Kapitel 1.11.3).

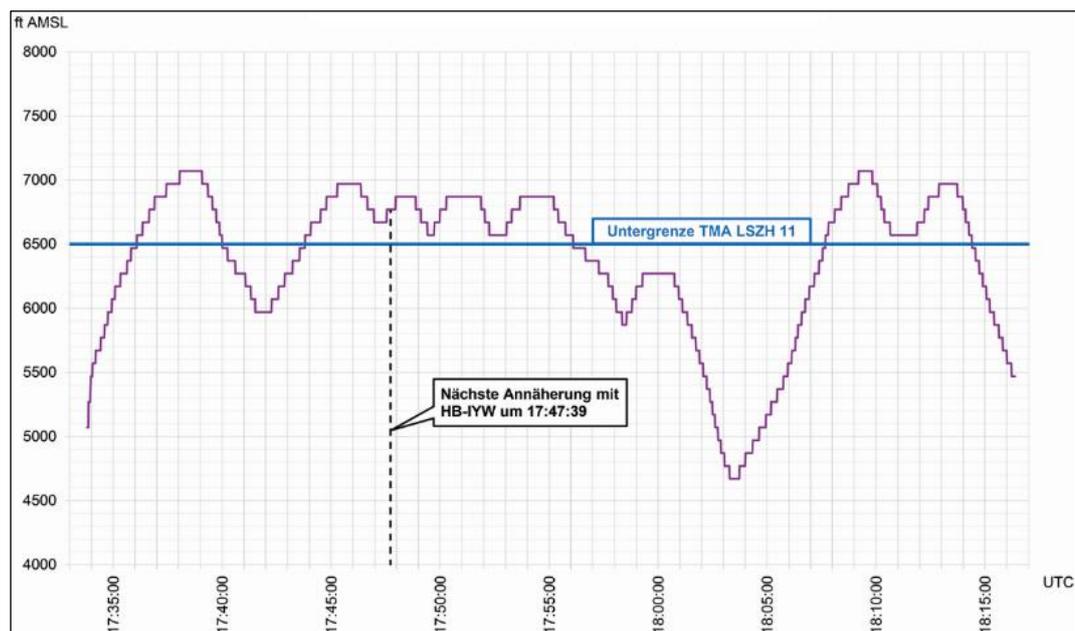
Weiningen/TG. Dabei fuhr die HB-BYI in geringer Höhe über diesen Startplatz, sodass sich per Zufall eine Formation aus 3 Heissluftballonen bildete.

Die HB-BYI führte als einziger der drei Heissluftballone einen funktionstüchtigen und eingeschalteten Transponder mit Höhenübermittlung mit (vgl. Kapitel 1.11.6). Um 17:33:48 UTC übermittelte dieser Transponder neben dem Code 7000 erstmals die Flugfläche, die zu diesem Zeitpunkt (*flight level* – FL) 048 betrug. Dies entsprach aufgrund des herrschenden Luftdrucks (QNH) von 1023 hPa (vgl. Kapitel 1.4.2) einer Flughöhe von 5070 ft<sup>2</sup> AMSL. Der Heissluftballon befand sich dabei unter der TMA LSZH 11 im Steigflug und fuhr mit einer Geschwindigkeit von rund 10 Knoten in östlicher Richtung.

Um 17:35:50 UTC erreichte die HB-BYI erstmals eine Höhe von 6500 ft AMSL und somit die Untergrenze der TMA LSZH 11. Der Heissluftballon setzte seinen Steigflug daraufhin bis auf eine Höhe von 7100 ft AMSL fort. Er stand dabei nicht in Kontakt mit einer Flugverkehrsleitstelle oder der Fluginformationszentrale (FIC). Eine Freigabe für den Einflug in die TMA LSZH 11 wurde nicht eingeholt.

Die beiden anderen Heissluftballone fuhren in Zweierformation mit geringem Abstand zueinander und befanden sich zum Zeitpunkt 17:38:48 UTC auf einer Höhe von rund 3750 ft AMSL, rund 500 m südsüdwestlich der Position der HB-BYI<sup>3</sup>. Diese Zweierformation behielten sie anschliessend noch längere Zeit bei.

Ab 17:40:00 UTC fuhr die HB-BYI wieder auf Höhen unter 6500 ft AMSL. Anschliessend stieg sie um 17:43:40 UTC erneut in die TMA LSZH 11 auf und erreichte dabei eine Höhe von 7000 ft AMSL (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Höhenprofil der Fahrt des Heissluftballons HB-BYI im Vergleich zur Untergrenze der TMA LSZH 11 von 6500 ft AMSL mit markiertem Zeitpunkt des geringsten Abstandes zum Verkehrsflugzeug. Die treppenförmige Form des Profils ergibt sich aus dem Umstand, dass Transponderanlagen die auf 100 ft gerundete Druckhöhe übermitteln. Die Höhenangaben beziehen sich auf den Ballonkorb; der höchste Punkt der Ballonhülle befindet sich 70 ft darüber.

<sup>2</sup> Berechnet mit dem Standarddruck auf Meereshöhe von 1013.2 hPa und dem Standarddruckgradienten auf Meereshöhe von 27 ft/hPa

<sup>3</sup> Die Angaben entstammen einer Fotografie, die mit einem Smartphone zusammen mit den zugehörigen GPS-basierten Orts- und Höhenangaben aufgenommen wurde.

### 1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalles

Die HB-BYI befand sich noch auf rund 7000 ft AMSL in der TMA LSZH 11, als ein Verkehrsflugzeug mit dem Flugplankennzeichen SWR 1193 um 17:46:10 UTC im Sinkflug durch FL 078 ebenfalls in die TMA LSZH 11 einflog. Es handelte sich dabei um den als HB-IYW eingetragenen Avro RJ100 „Jumbolino“ der Swiss, die sich auf einem Linienflug von Nürnberg (EDDN) nach Zürich (LSZH) befand. Das Verkehrsflugzeug flog unter Radarführung auf einem missweisenden Steuerkurs von 80°, was einem rechten Gegenanflug auf Piste 28 entsprach. Die SWR 1193 war für Flugfläche 070 freigegeben, einer Flughöhe von 7270 ft AMSL entsprechend.

Der Sektor *Approach East* der Flugverkehrsleitstelle *Zurich Arrival*, mit der das Verkehrsflugzeug in Kontakt stand, war mit einem Trainee und einem Coach besetzt. Der Heissluftballon wurde auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter als praktisch stehendes VFR-Radarziel angezeigt. Die Flugverkehrsleiter nahmen dieses Radarziel nicht bewusst wahr (vgl. Kapitel 1.9.3). Ein Flugzeug, das kurz zuvor in Zürich gestartet war, kehrte in dieser Zeit auf Grund von Hydraulikproblemen wieder nach Zürich zurück.

Während sich die SWR 1193 im Gegenanflug auf die Piste 28 befand, sah die Flugbesatzung durch das Cockpitfenster in ihrer Ein-Uhr-Position die Formation von drei Heissluftballonen. Ausserdem fiel den Piloten ein einzelnes zugehöriges *target* auf ihren TCAS-Displays<sup>4</sup> auf. Von *Zurich Arrival* erhielt die Besatzung um 17:46:32 UTC die Anweisung, auf einen missweisenden Steuerkurs von 150° einzudrehen, und um 17:46:58 UTC die Anweisung, diese Drehung auf einen Kurs von 180° fortzusetzen, entsprechend einem rechten Queranflug auf Piste 28. Zu diesem Zeitpunkt erreichte das Flugzeug gerade die zuvor zugewiesene Flugfläche 070. Unmittelbar darauf wurde die Besatzung aufgefordert, auf die Frequenz von *Zurich Final* zu wechseln.

Beim Eindrehen in den rechten Queranflug gab das TCAS des Verkehrsflugzeugs einen Verkehrshinweis (*traffic advisory – TA*) aus. Damit erhielt die Besatzung neben der Anzeige auf ihren TCAS-Displays in der Form von „*traffic, traffic!*“ auch einen akustischen Hinweis auf eine mögliche Konfliktsituation.

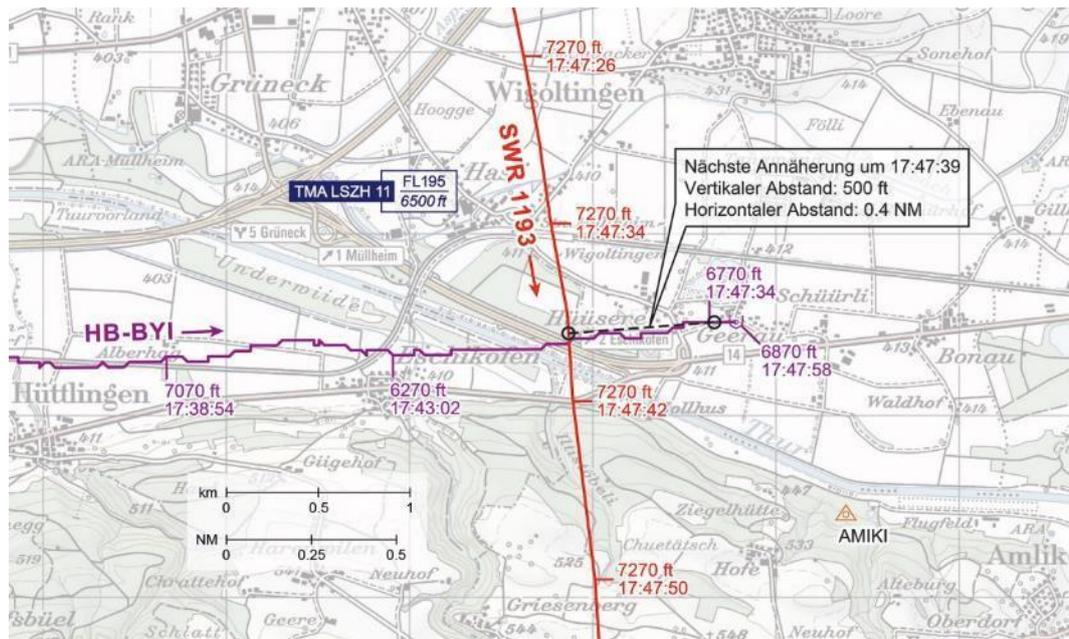
Um 17:47:31 UTC meldete sich die Besatzung auf der neuen Frequenz wie folgt: „*Final, grüezi, Swiss one one niner three.*“ Die Flugverkehrsleiterin grüsste um 17:47:33 UTC mit „*Swiss one one niner three, Final, grüezi*“ zurück und richtete ihren Fokus wieder auf den Endanflug (*final*) der Piste 28.

Um 17:47:35 UTC gab das TCAS des Verkehrsflugzeugs einen Ausweichbefehl (*resolution advisory – RA*) aus. Bei diesem Ausweichbefehl handelte es sich um eine *preventive RA*, für die Piloten erkennbar an der akustischen Aufforderung „*monitor vertical speed*“ und am Einblenden eines roten Bereichs in der Vertikalgeschwindigkeitsanzeige, der jeglichen Sinkflug als unzulässig kennzeichnete. Die Besatzung konnte dieser Anweisung Folge leisten, indem sie ihre Flughöhe unverändert auf FL 070 beliess.

Die zum Zeitpunkt der RA vom Transponder des Heissluftballons übermittelte Flughöhe war Flugfläche 065, was einer Höhe von 6770 ft AMSL entsprach. Den geringsten Abstand zum Ballon erreichte das Verkehrsflugzeug gemäss Radaraufzeichnung des Flugsicherungsunternehmens Skyguide um 17:47:39 UTC mit 0.4 NM horizontal und 500 ft vertikal (vgl. Abbildung 3).

---

<sup>4</sup> TCAS: *traffic alert and collision avoidance system*, Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem, vgl. Kapitel 1.9.1



**Abbildung 3:** Flugspur des Verkehrsflugzeuges (rot) und des Heissluftballons (violett) mit hervorgehobener Position der beiden Luftfahrzeuge zum Zeitpunkt ihres minimalen Abstandes um 17:47:39 UTC. Das Verkehrsflugzeug befand sich auf Flugfläche 070, einer Flughöhe von 7270 ft AMSL entsprechend (vgl. dazu auch Kapitel 1.11.1), Basiskarte/Luftbild reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie Swisstopo (JA150149).

Um 17:47:49 UTC forderte die Flugverkehrsleiterin die Besatzung auf, die Geschwindigkeit auf 180 Knoten zu reduzieren. Die Flugverkehrsleiterin war zu diesem Zeitpunkt durch die Piloten der SWR 1193 noch nicht über die gefährliche Annäherung in Kenntnis gesetzt worden. Acht Sekunden später wiederholte sie diese Anweisung, da sie von der SWR 1193 noch keine Antwort erhalten hatte. Die Flugbesatzung der SWR 1193 antwortete daraufhin um 17:47:59 UTC wie folgt: *“Reducing one eight zero knots, and we had a TCAS RA, Swiss one one niner three, there were some balloons.”* [Wir verringern die Geschwindigkeit auf 180 Knoten, und wir hatten einen TCAS-Ausweichbefehl, Swiss eins eins neun drei, da waren einige Ballone.]

Die Flugverkehrsleiterin hatte die Darstellung der HB-BYI auf ihrem Bildschirm bis dahin nicht wahrgenommen, ebenso wie zuvor die Flugverkehrsleiter der Flugverkehrsleitstelle *Zurich Arrival*. Das bodenseitige Konfliktwarnsystem (*short term conflict alert - STCA*) hatte sie zudem nicht vor der Annäherung des Verkehrsflugzeugs an den Heissluftballon gewarnt (vgl. Kapitel 1.9.3). Nachdem die Flugverkehrsleiterin durch die Flugbesatzung auf die Heissluftballone aufmerksam gemacht worden war, musste sie die übereinanderliegenden Label, die der Beschriftung der einzelnen Luftfahrzeuge auf ihrem Bildschirm dienen, zunächst *„auseinander klicken“*, um die HB-BYI erkennen zu können. In der Folge informierte sie die Flugverkehrsleitstelle *Zurich Arrival* umgehend über den Heissluftballon.

Der Anflug der SWR 1193 auf Piste 28 konnte anschliessend ereignislos fortgeführt werden. Auf Anfrage der Flugverkehrsleiterin konnte die Besatzung keine Angaben liefern, die zur Identifikation der Ballone hätten beitragen können. Um 17:56:41 UTC landete das Verkehrsflugzeug wie vorgesehen auf Piste 28.

Die HB-BYI setzte ihre Fahrt durch den Nahkontrollbezirk in östlicher Richtung auf Höhen bis zu 7100 ft AMSL fort. Sie landete um 18:50 UTC bei Birwinken am östlichen Rand der TMA LSZH 11. Die beiden anderen Heissluftballone landeten um 18:40 UTC bei Donzhausen bzw. um 19:05 UTC bei Kümmertshausen.

## 1.1.4 Ort und Zeit des schweren Vorfalls

Geografische Position	1 NM nordwestlich des Wegpunkts AMIKI Ortschaft Hasli bei Wigoltingen/TG
Koordinaten	N 47°35', E 009°01' (WGS 84)
Datum und Zeit	3. Juni 2015, 17:47 UTC
Beleuchtungsverhältnisse	Tag
Flugfläche	FL 070

## 1.2 Angaben zu Personen

## 1.2.1 Allgemeines

Die vorliegenden Angaben deuten darauf hin, dass die nachfolgend aufgeführten Personen ihre Dienste ausgeruht und gesund antraten. Es liegen keine Hinweise darauf vor, dass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls Ermüdung eine Rolle spielte.

## 1.2.2 Kommandant SWR 1193

Person	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1959	
Lizenz	Führerausweis für Verkehrspiloten auf Flächenflugzeugen ( <i>airline transport pilot license aeroplane</i> – ATPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit ( <i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA)	
Flugerfahrung	Gesamthaft	15 760 h
	Auf dem Vorfallmuster	5330 h
	Während der letzten 90 Tage	108 h
	Davon auf dem Vorfallmuster	108 h

## 1.2.3 Copilot SWR 1193

Person	Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1989	
Lizenz	Führerausweis für Berufspiloten auf Flächenflugzeugen ( <i>commercial pilot license aeroplane</i> – CPL(A)) nach EASA	
Flugerfahrung	Gesamthaft	555 h
	Auf dem Vorfallmuster	411 h
	Während der letzten 90 Tage	158 h
	Davon auf dem Vorfallmuster	158 h

## 1.2.4 Pilot HB-BYI

Person	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1940	
Lizenz	Führerausweis für Heissluftballonfahrer nach der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation ( <i>International Civil Aviation Organization</i> – ICAO) mit der Erweiterung für Radiotelefonie auf Deutsch	

	Beginn der fliegerischen Ausbildung	1990	
	Flugerfahrung	Gesamthaft	2917 h
		Auf dem Vorfalldmuster	830 h
		Während der letzten 90 Tage	13 h
		Davon auf dem Vorfalldmuster	4 h
1.2.5	Flugverkehrsleiterin Approach East (Coach)		
	Person	Schweizer Staatsangehörige, Jahrgang 1980	
	Lizenz	Ausweis für Flugverkehrsleiter ( <i>air traffic controller license</i> ) basierend auf Richtlinie 805/2011 der Europäischen Gemeinschaft, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)	
	Dienstbeginn Vorfalldtag	14:30 UTC	
1.2.6	Flugverkehrsleiter Approach East (Trainee)		
	Person	Deutscher Staatsbürger, Jahrgang 1985	
	Lizenz	Ausweis für Flugverkehrsleiter ( <i>air traffic controller license</i> ) basierend auf Richtlinie 805/2011 der Europäischen Gemeinschaft, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)	
	Dienstbeginn Vorfalldtag	14:30 UTC	
1.2.7	Flugverkehrsleiterin Final		
	Person	Schweizer Staatsangehörige, Jahrgang 1976	
	Lizenz	Ausweis für Flugverkehrsleiter ( <i>air traffic controller license</i> ) basierend auf Richtlinie 805/2011 der Europäischen Gemeinschaft, ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)	
	Dienstbeginn Vorfalldtag	14:30 UTC	
<b>1.3</b>	<b>Angaben zu den Luftfahrzeugen</b>		
1.3.1	Luftfahrzeug 1, Verkehrsflugzeug		
	Eintragungszeichen	HB-IYW	
	Luftfahrzeugmuster	Avro RJ100, „Jumbolino“	
	Charakteristik	Vierstrahliges Regionalverkehrsflugzeug	
	Hersteller	British Aerospace (Regional Aircraft) Ltd., Woodford, Vereinigtes Königreich	
	Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd., Basel	
	Halter	Swiss Global Air Lines AG, Basel	
	Relevante Ausrüstung	TCAS II Version 7.0 (vgl. Kapitel 1.9.1)	



**Abbildung 4:** Das Verkehrsflugzeug HB-IYW, etwa zum Zeitpunkt des Airprox aufgenommen aus einem der zwei weiteren Heissluftballone (Ausschnitt aus Fotografie).

### 1.3.2 Luftfahrzeug 2, Heissluftballon

Eintragungszeichen	HB-BYI
Luftfahrzeugmuster	A-160
Charakteristik	Heissluftballon, 4500 m <sup>3</sup> , rund 70 Fuss hoch
Hersteller	Cameron Balloons Ltd., Bristol, United Kingdom
Eigentümer	Privat
Halter	Privat
Relevante Ausrüstung	Transponder <i>mode C</i> (vgl. Kapitel 1.9.2), Höhenmesser, Variometer, <i>Area Chart</i> ICAO, Funkgerät, GPS



**Abbildung 5:** Der Heissluftballon HB-BYI, um 17:16 UTC aufgenommen aus einem der zwei weiteren Heissluftballone (Ausschnitt aus Fotografie).

## 1.4 Meteorologische Angaben

### 1.4.1 Allgemeine Wetterlage

Ein Ausläufer des Azorenhochs hatte seinen Kern über dem Ärmelkanal. In der Höhe erstreckte sich ein Hochdruckrücken von Spanien bis in den Osten von Österreich.

### 1.4.2 Wetter zur Zeit des schweren Vorfalls

Zwischen dem Flughafen Zürich und dem Wegpunkt AMIKI wehte der Wind auf 7000 ft AMSL aus Richtung West. Die Windgeschwindigkeit betrug rund 10 kt, bei einer Temperatur von 7 °C und einem Taupunkt von 3 °C. Am Boden herrschte schwacher Westwind. Über der Ostschweiz hielten sich *Alto cumulus*-Felder mit einer Basis um 4000 m/M. Sie waren nach Süden zum Alpenrand hin dichter als über dem Seerücken des Bodensees und entlang des Hochrheins.

Auf dem Flughafen Zürich (1417 ft AMSL) wurden folgende Wetterbedingungen beobachtet:

Wetter	vorwiegend sonnig
Wolken	1/8 Cumulus, 6000 ft über Grund 3/8 Altocumulus, 11 800 ft über Grund
Sicht	40 km
Bodenwind	6 Knoten aus 270 Grad
Temperatur / Taupunkt	25 °C / 11 °C
Luftdruck (QNH <sup>5</sup> )	1023 hPa

#### 1.4.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut 290°, Höhe 12°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag

#### 1.4.4 Webcamaufnahme



**Abbildung 6:** Webcam Zürich Üetliberg, 3. Juni 2015, 17:50 UTC

### 1.5 Navigationshilfen

Der Heissluftballon HB-BYI war für die vertikale Navigation mit einem elektronischen Variometer ausgerüstet, das auch zur Anzeige der Fahrhöhe und der Hüllentemperatur genutzt wurde, und für die horizontale Navigation mit einem GPS-Gerät (vgl. Abbildung 7).

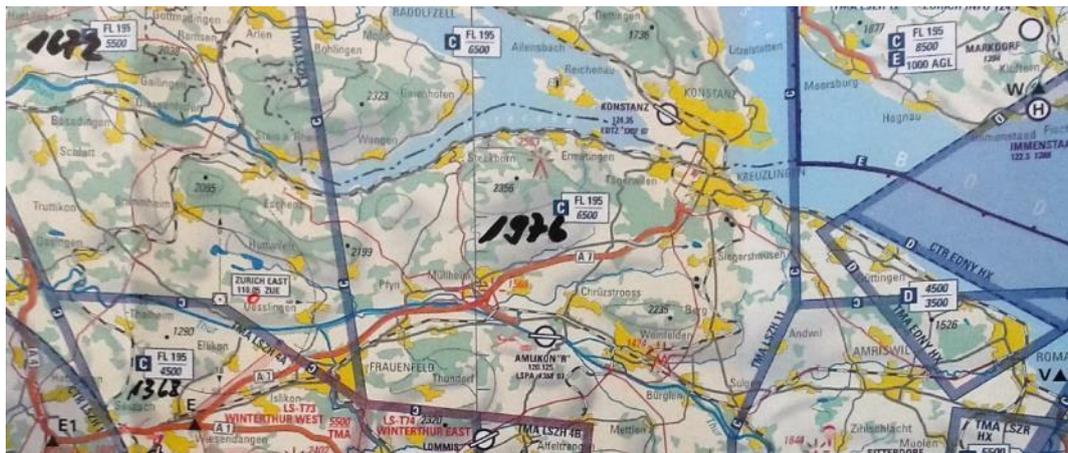
---

<sup>5</sup> Das QNH entspricht dem aktuellen Luftdruck am Boden, reduziert auf Meereshöhe unter Berücksichtigung der Werte der ICAO-Standardatmosphäre. Es dient als Höhenmessereinstellung zur Anzeige einer Höhe über Meer (vgl. Kapitel 1.11.3).



**Abbildung 7:** Teile der Ausrüstung des Heissluftballons HB-BYI, bestehend aus einem Höhenmesser-Variometer-Kombinationsgerät Flytec 3040 (links im Bild, die angezeigte Höhe beträgt 440 m/M, die angezeigte Steigrate beträgt 0.0 m/s) und einem GPS-Gerät Garmin GPSmap 76S.

Die Luftraumgrenzen entnahm der Pilot einer Luftfahrtkarte. Die darin enthaltenen Angaben der Untergrenzen der einzelnen TMA-Sektoren in Fuss über Meer wurden in Meter über Meer umgerechnet und auf der Karte handschriftlich festgehalten, um sie mit der Anzeige auf dem Höhenmesser vergleichen zu können (vgl. Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Ausschnitt (nicht massstäblich) aus der Area Chart ICAO „Zurich Area“ mit Angaben zu den Untergrenzen der TMA-Sektoren, die an Bord der HB-BYI zur Navigation verwendet wurde (Basiskarte/Luftbild reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie Swisstopo (JA150149)).

## 1.6 Kommunikation

Die Kommunikation zwischen der Besatzung des Verkehrsflugzeugs und den Flugverkehrsleitstellen fand in englischer Sprache und ohne technische Schwierigkeiten statt. Die Piloten der Heissluftballone standen zu keiner Zeit in Verbindung mit einer Flugverkehrsleitstelle oder der Fluginformationszentrale.

## 1.7 Angaben zum Luftraum

### 1.7.1 Luftraumstruktur

Die den Flughafen Zürich (LSZH) umgebende Luftraumstruktur wird primär durch einen Nahkontrollbezirk (*terminal control area* – TMA) und eine Kontrollzone (*control zone* – CTR) gebildet. Der Nahkontrollbezirk ist in verschiedene Sektoren unterteilt. Diese sind nummeriert von TMA LSZH 1 bis TMA LSZH 13 und weisen verschiedene Untergrenzen auf<sup>6</sup>. Die gefährliche Annäherung fand in der TMA LSZH 11 statt, deren Untergrenze 6500 ft AMSL beträgt.

Die TMA Zürich ist dem Luftraum der Klasse C zugeordnet. Für Einfahrten von Freiballonen in einen Luftraum der Klasse C sind eine Freigabe der Flugverkehrsleitung (*air traffic control* – ATC) sowie das Mitführen eines betriebsbereiten Transponders vorgeschrieben (vgl. Kapitel 1.11.5 und 1.11.6). Der Luftraum unter der TMA Zürich ist der Klasse E oder G zugeordnet. Für Fahrten durch Lufträume der Klassen E oder G ist keine ATC-Freigabe notwendig (vgl. Anlage 1).

### 1.7.2 Staffelung zwischen Luftfahrzeugen

In Lufträumen der Klasse C gewährleistet die Flugverkehrsleitung eine Staffelung zwischen Luftfahrzeugen, die beide nach IFR betrieben werden, sowie zwischen solchen, bei denen das eine nach IFR und das andere nach VFR betrieben wird. Zusätzlich erhalten Luftfahrzeuge, die nach VFR betrieben werden, wenn möglich Verkehrshinweise sowie auf Anfrage Ausweichempfehlungen.

Die minimale vertikale Staffelung zweier Luftfahrzeuge innerhalb der TMA beträgt in der Regel 1000 ft.<sup>7</sup> Im Gegensatz dazu können sich zwei Luftfahrzeuge bis auf nur 500 ft vertikal annähern, wenn das eine nach IFR auf der tiefstmöglichen Flugfläche über der TMA-Untergrenze fliegt und das andere nach VFR den ohne ATC-Freigabe nutzbaren Luftraum bis an dessen Obergrenze ausnutzt (im vorliegenden Fall FL 070 bzw. 6500 ft AMSL). Diverse Vorfälle deuten darauf hin, dass diesem Umstand von vielen nach VFR fliegenden Luftraumbenutzern zu wenig Beachtung geschenkt wird (vgl. Kapitel 1.12).

## 1.8 Flugschreiber

### 1.8.1 SWR 1193

Zum Zeitpunkt, als die Untersuchung des schweren Vorfalls durch die SUST eröffnet wurde, waren die Flugdatenschreiber und die Cockpitgesprächsaufzeichnungsgeräte des Verkehrsflugzeuges bereits überschrieben und standen der Untersuchung nicht mehr zur Verfügung. Die Aufzeichnungen der Radardaten und des Sprechfunkverkehrs durch das Flugsicherungsunternehmen Skyguide standen hingegen zur Verfügung und konnten ausgewertet werden.

### 1.8.2 Heissluftballone

Flugdatenschreiber waren für die Heissluftballone nicht vorgeschrieben und wurden auch nicht mitgeführt. Von der HB-BYI standen der Untersuchung neben den Radardaten keine weiteren Aufzeichnungen zur Verfügung. Von den beiden weiteren Heissluftballonen standen Fotografien, teilweise mit GPS-basierten Zeit- und Positionsangaben in den Metadaten, zur Verfügung. Von einem dieser beiden

<sup>6</sup> Die Untergrenzen der TMA-Sektoren wurden entsprechend den Empfehlungen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) festgelegt (vgl. ICAO Annex 11 – *Air Traffic Services* – Kapitel 2.10.3.1 *Control Areas*).

<sup>7</sup> IFR-Flüge in der TMA werden zudem nur auf Höhen in Tausenderschritten freigegeben, z. B. FL 070 oder FL 080.

Heissluftballone stand zusätzlich eine GPS-Aufzeichnung des lateralen Flugweges zur Verfügung.

## 1.9 Warnsysteme

### 1.9.1 SWR 1193

Das Verkehrsflugzeug war mit einem Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem TCAS II (Version 7.0) ausgerüstet<sup>8</sup>. Dieses System ist unabhängig von bodenseitigen Systemen und bestimmt aufgrund der Signale von Transpondern anderer Luftfahrzeuge deren relative Position und Bewegungsrichtung. Bei der Annäherung an ein anderes Luftfahrzeug generiert es zunächst eine akustische und optische Verkehrsinformation (*traffic advisory* – TA), bei fortschreitender gefährlicher Annäherung einen akustischen und optischen Ausweichbefehl (*resolution advisory* – RA).

Als unmittelbare Reaktion der Flugbesatzung auf eine RA war vorgesehen, diesem Ausweichbefehl mit ausgeschaltetem Autopiloten unverzüglich zu folgen und die Flugverkehrsleitung mittels der Standardwendung „TCAS RA“ sofort darüber zu informieren.

Im vorliegenden Fall generierte das TCAS des Verkehrsflugzeuges aufgrund der Transpondersignale des Heissluftballons HB-BYI wie vorgesehen zunächst eine TA und anschliessend eine RA, um eine Kollision zu verhindern. Bei der RA handelte sich um eine *preventive* RA, für die Piloten erkennbar an der akustischen Aufforderung „*monitor vertical speed*“ und am Einblenden eines roten Bereichs in der Vertikalgeschwindigkeitsanzeige.

### 1.9.2 Heissluftballone

Eine Ausrüstung der Heissluftballone zur Warnung der Piloten vor der Annäherung anderer Luftfahrzeuge oder vor der unbeabsichtigten Einfahrt in Lufträume, für deren Nutzung eine Freigabe erforderlich ist, war nicht vorgeschrieben und wurde auch nicht mitgeführt. Von den drei Heissluftballonen führte nur die HB-BYI einen betriebsbereiten und eingeschalteten Transponder mit. Somit konnte nur dieser eine Heissluftballon vom TCAS des Verkehrsflugzeuges sowie vom Radarsystem der Flugsicherung erfasst und dargestellt werden. Auch das Konfliktwarnsystem der Flugverkehrsleitung hätte höchstens vor einem Konflikt mit diesem einen Ballon warnen können (vgl. Kapitel 1.9.3).

### 1.9.3 Bodenseitige Warnsysteme

Die Flugverkehrsleiter der Flugverkehrsleitstellen *Zurich Arrival* und *Zurich Final* gaben an, dass ihnen anhand der Darstellung der HB-BYI auf ihren Bildschirmen die Einfahrt des Heissluftballons in den Nahkontrollbezirk nicht aufgefallen sei (vgl. Abbildung 9).

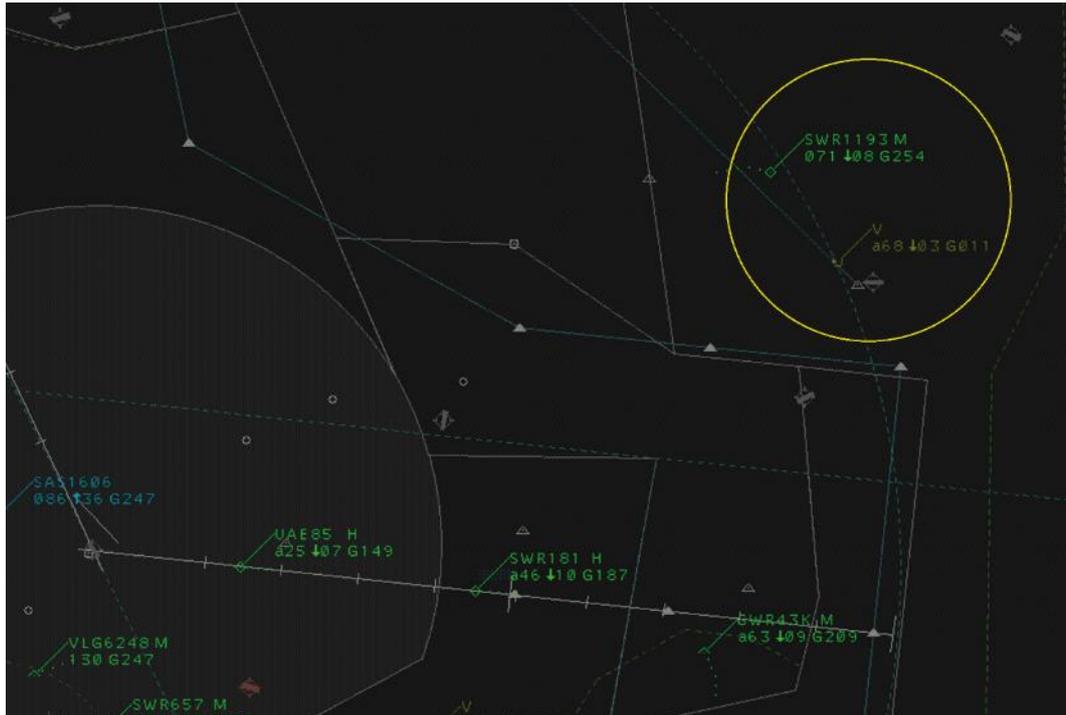
Für solche Fälle ist die Flugverkehrsleitung Zürich unter anderem mit dem Konfliktwarnsystem (*short term conflict alert* - STCA) ausgerüstet. Dieses verfolgt die Signale von Transpondern und generiert eine optische und akustische Warnung, wenn zwei Luftfahrzeuge einen im System definierten Sicherheitsabstand tatsächlich unterschreiten oder wenn dies gemäss Berechnungen des Systems und ohne Intervention in weniger als 120 Sekunden voraussichtlich der Fall wäre. Das STCA produziert somit einen gewissen zeitlichen Rahmen (*warning time*), der genügend

---

<sup>8</sup> Die Bezeichnung des grundlegenden Konzepts dieses Kollisionsverhinderungssystems lautet *airborne collision avoidance system* (ACAS). Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) verwendet diesen Begriff bei der Festlegung der Normen, welche die Anlage erfüllen muss. Das System *traffic alert and collision avoidance system* (TCAS) ist eine konkrete Umsetzung dieses Konzepts.

Zeit für eine angemessene Reaktion des Flugverkehrsleiters und der Piloten lassen sollte.

Im vorliegenden Fall warnte das STCA den Flugverkehrsleiter nicht vor der gefährlichen Annäherung des Verkehrsflugzeuges an den Heissluftballon. Es zeigte sich, dass in die Berechnungen und Warnungen nur Daten von denjenigen Luftfahrzeugen einfließen, die sich mit einer durch das Radarsystem errechneten Geschwindigkeit von 30 Knoten oder mehr über Grund fortbewegen. Diese Einschränkung war in das STCA implementiert worden, um die Anzahl unnötiger Warnmeldungen (*nuisance alerts*) zu minimieren. Die Flugverkehrsleiterin der Flugverkehrsleitstelle *Zurich Final* sagte aus, dass ihr diese Einschränkung nicht bekannt gewesen sei.



**Abbildung 9:** Darstellung der Verkehrssituation auf dem Bildschirm der Flugverkehrsleitstelle *Zurich Arrival* um 17:46:58 UTC (Ausschnitt, nicht massstäblich). Der Kreis markiert das Verkehrsflugzeug (grün, Flugfläche 071, Sinkrate 800 ft/min, Geschwindigkeit über Grund 254 kt) und den Heissluftballon (braun, Flughöhe 6800 ft AMSL, Sinkrate 300 ft/min, Geschwindigkeit über Grund 11 kt). Zu diesem Zeitpunkt drehte das Verkehrsflugzeug in einen rechten Queranflug für Piste 28 in Richtung des Heissluftballons ein.

## 1.10 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

### 1.10.1 Schweizerischer Ballonverband

Der Schweizerische Ballonverband (SBAV) ist ein selbstständiger Spartenverband und Mitglied des Aeroclubs der Schweiz (AeCS) und umfasst einen beträchtlichen Anteil der in der Schweiz fahrenden Ballonpiloten. Der SBAV führt im Auftrag des Bundesamts für Zivilluftfahrt Theoriekurse für Ballonfahrer durch und hält regelmässig Sicherheitsseminare ab.

Gemäss Angaben der Verantwortlichen für die Theoriekurse des SBAV bestehen sowohl bezüglich der theoretischen und gesetzlichen Grundlagen als auch bezüglich der praktischen Handhabung von Höhenmessern und Transponderanlagen bei zahlreichen Piloten Unklarheiten und Wissensdefizite.

### 1.10.2 Flugsicherungsunternehmen Skyguide

Bezüglich der Darstellung von VFR-Verkehr auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter (vgl. Abbildung 9) wurde bei der Schweizer Flugsicherung Skyguide bereits im Jahr 2012 in einem Sicherheitsrapport (*safety improvement report – SIR*) auf die Gefahr hingewiesen, dass in den freigabepflichtigen Luftraum eindringende Luftfahrzeuge durch die Flugverkehrsleiter nicht oder zu spät entdeckt werden könnten. Es wurde damals erwogen, die Radaretiketten von solchen Eindringlingen in einer anderen Farbe darzustellen, um deren Wahrnehmung durch die Flugverkehrsleiter zu verbessern. Nach eingehender Prüfung entschied sich Skyguide, ein derartiges Warnsystem vor allem aus Kostengründen frühestens ab 2017 einzuführen.

### 1.10.3 Bundesamt für Zivilluftfahrt

#### 1.10.3.1 Angaben zur Transponderpflicht

In Bezug auf den Einsatz von Transponderanlagen in Heissluftballonen besteht gemäss Angabe des BAZL eine Inkonsistenz im diesbezüglichen Regelwerk. Diese Inkonsistenz besteht zwischen der Verordnung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) vom 20. Mai 2015 über die Verkehrsregeln für Luftfahrzeuge (VRV-L), die am 15. Juni 2015 in Kraft trat, dem *aeronautical information circular* (AIC) 013/2015 B, das per 15. Oktober 2015 das AIC 011/2007 B ersetzte und zum Zeitpunkt des Vorfalls noch nicht gültig war, und dem VFR-Guide (VFG). Daher fehlt den entsprechenden Verfahrensvorgaben im VFG (*Sonderregeln für Fahrten mit Freiballonen*, vgl. Kapitel 1.11.6) die Rechtsgrundlage, sodass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls im schweizerischen Luftraum grundsätzlich keine Transponderpflicht für Heissluftballone existierte. Ein freiwilliges Mitführen einer Transponderanlage war aber gemäss BAZL zulässig, und das BAZL verzichtete aufgrund einer Güterabwägung darauf, ein freiwilliges Mitführen zu untersagen. Des Weiteren ist per 26. August 2016 durch die Inkraftsetzung von Part-NCO IR (*non-commercial air operations*) der EASA als Folge der EU-Verordnungen Nr. 216/2008 und Nr. 965/2012 eine diesbezügliche Gesetzesänderung zu erwarten.

#### 1.10.3.2 Anpassungen am Lizenzierungswesen

Die Einführung des Part-FCL der EASA in der Schweiz im Bereich der Ballonfahrt durch das BAZL wird Anpassungen am Lizenzierungswesen für Ballonpiloten zur Folge haben und ist für April 2018 geplant<sup>9</sup>. Bis dahin müssen alle nationalen Ballonlizenzen in EASA-Ballonlizenzen umgewandelt werden. Eine EASA-Ballonlizenz ist nur gültig, wenn in den letzten 24 Monaten vor einer geplanten Fahrt bestimmte Bedingungen bezüglich der fortlaufenden Flugerfahrung des Lizenzträgers erfüllt sind, wozu unter anderem eine Schulungsfahrt mit einem Lehrberechtigten gehört. Derartige periodischen Weiterbildungen oder Leistungsüberprüfungen sind nach bisher geltendem Recht nicht vorgesehen.

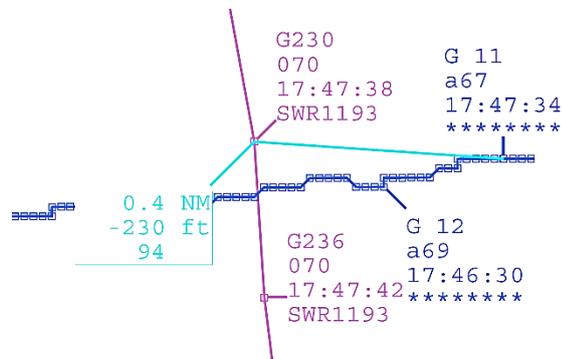
---

<sup>9</sup> Rechtsgrundlage für die Fluglizenzen nach EASA (Part-FCL) bildet die EU-Verordnung Nr. 1178/2011 vom 25. November 2011. Die Einführung des Part-FCL in der Schweiz wurde am 15. Mai 2012 durch den Gemischten Ausschuss Schweiz-EU genehmigt. Das BAZL sah die Einführung des Part-FCL im Bereich der Ballonfahrt per April 2015 vor. Dieser Termin wurde verschoben auf April 2018.

## 1.11 Zusätzliche Angaben

### 1.11.1 Widersprüchliche Angaben zur vertikalen Separation

Die minimale vertikale Separation zwischen den beiden Luftfahrzeugen wurde in Pressemeldungen zum vorliegenden Fall mit 80 m angegeben. Dieser Wert entspricht der numerischen Angabe von 230 ft auf einem Ausdruck der Flugspuren, der durch das Flugsicherungsunternehmen Skyguide erstellt worden war (vgl. Abbildung 10).



**Abbildung 10:** Die Flugspuren der beiden Luftfahrzeuge (Ausschnitt von Ausdruck) mit verbundenen Positionen der beiden Luftfahrzeuge zum Zeitpunkt 17:47:38 UTC. Im türkisfarbenen Kasten (links im Bild) ist die vom System berechnete laterale respektive vertikale Separation (0.4 NM, respektive 230 ft) angegeben.

Einzelne Punkte der Flugspuren sind beschriftet mit der Geschwindigkeit über Grund in Knoten (G230), der Flugfläche (070) oder der Flughöhe über Meer (a67), der Uhrzeit und ggf. dem Flugplankennzeichen (SWR1193). Die Angabe a67 steht dabei für 6770 ft AMSL und wurde aus der vom Transponder des Heissluftballons übermittelten Flugfläche 065 und dem QNH von 1023 hPa errechnet. Die wahre vertikale Separation der beiden Luftfahrzeuge zum gegebenen Zeitpunkt betrug demnach rund 500 ft, der nominale Höhenunterschied zwischen den Flugflächen 070 und 065. Streng genommen betrug der kleinste vertikale Abstand zwischen den beiden Luftfahrzeugen rund 430 ft, da die 500 ft den Abstand zwischen den statischen Drucksensoren der beiden Transponder darstellen. Davon muss die Höhe des Heissluftballons von rund 70 ft abgezogen werden.

### 1.11.2 Angaben zur Navigationsausrüstung von Heissluftballonen

Es bestehen keine gesetzlichen Anforderungen an eine Mindestausrüstung von Heissluftballonen zur vertikalen oder horizontalen Navigation. Die Ausrüstung des Heissluftballons HB-BYI (vgl. Kapitel 1.5) entsprach der gängigen Praxis.

Die Betriebshandbücher der Hersteller von Heissluftballonen können Mindestausrüstungen vorschreiben. Im vorliegenden Fall war das Mitführen eines Gerätes zur Messung der Vertikalgeschwindigkeit vorgeschrieben, um deren Limite von 1000 ft pro Minute einhalten zu können.

### 1.11.3 Angaben zur Einstellung von Höhenmessern

Im VFR-Guide der Schweiz (VFG)<sup>10</sup> wird festgehalten, dass die Schweiz in die drei Höhenmessereinstellgebiete Zürich, Genf und Tessin eingeteilt ist. Zur Einstellung von Höhenmessern enthält der VFG unter anderem folgende Vorgabe:

<sup>10</sup> Der VFR-Guide (VFG) ist Bestandteil des VFR-Manuals, das seinerseits Bestandteil des Luftfahrthandbuchs der Schweiz (*aeronautical information publication – AIP*) ist, das im Auftrag des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) durch das Flugsicherungsunternehmen Skyguide veröffentlicht wird. Der VFR-Guide enthält Informationen von blei-

*„Flüge nach Sichtflugregeln haben die QNH-Werte des entsprechenden Höhenmessereinstellgebietes zu verwenden.“*

Ein gemäss dieser Vorgabe auf den QNH-Wert des entsprechenden Höhenmessereinstellgebietes eingestellter Höhenmesser zeigt die nicht-temperaturkompensierte Fahrhöhe über Meer in den Einheiten ft AMSL oder m AMSL an. Diese Einstellung ist notwendig, um die angezeigte Fahrhöhe mit den Angaben der Untergrenzen einer TMA über Meer vergleichen zu können.

In der Praxis wird der Höhenmesser vor dem Start so eingestellt, dass er am Boden die Höhe des Startplatzes anzeigt. Beim dabei eingestellten QNH-Wert handelt es sich dann aber um einen lokalen Wert, der vom QNH-Wert des Höhenmessereinstellgebietes gemäss VFG abweichen kann. Diese Abweichung hängt nicht nur von der meteorologischen Druckverteilung ab, sondern auch von Startplatzhöhe und -temperatur.

Die in der Luftfahrt verwendeten Höhenmesser sind nicht temperaturkompensiert, sondern für einen Temperaturverlauf gemäss Internationaler Standardatmosphäre (*international standard atmosphere – ISA*) ausgelegt. Deshalb liegt die wahre Höhe einer TMA-Untergrenze über Meer bei Temperaturen über ISA über dem angegebenen Wert bzw. bei Temperaturen unter ISA unter dem angegebenen Wert. Der vertikale Abstand eines Luftfahrzeuges zu einer TMA-Untergrenze kann deswegen nicht durch die Höhenangabe eines GPS-Geräts ermittelt werden, sondern nur durch einen nicht-temperaturkompensierten barometrischen Höhenmesser mit korrekt eingestelltem QNH-Wert des Höhenmessereinstellgebietes. Dasselbe gilt grundsätzlich auch für TMA-Untergrenzen, die in Form einer Flugfläche angegeben werden, ausser dass zur Ermittlung des vertikalen Abstands zu einer solchen Untergrenze der Höhenmesser auf den Standarddruck von 1013.2 hPa einzustellen ist<sup>11</sup>.

Im vorliegenden Fall stellte der Pilot der HB-BYI seinen Höhenmesser vor dem Verlassen seines Wohnortes auf dessen ihm bekannte Höhe über Meer ein. Die beiden anderen Ballonfahrer stellten ihre Höhenmesser auf eine aufgerundete Startplatzhöhe ein, die sie zuvor anhand einer topografischen Karte ermittelt hatten. Alle drei Ballonfahrer gaben an, die Höhenmessereinstellung während ihrer Fahrten nicht zu verändern.

#### 1.11.4 Angaben zur Prüfung von Höhenmessern

Es bestehen keine gesetzlichen Anforderungen an eine periodische Prüfung der Höhenmesserausrüstung von Heissluftballonen, allenfalls bestehen aber Empfehlungen der Gerätehersteller.

Für das im vorliegenden Fall eingesetzte Gerät (vgl. Abbildung 7) schreibt der Gerätehersteller: *„Nach einem bis zwei Jahren kann es sein, dass das QNH geringfügige Abweichungen anzeigt, aufgrund der Alterung des Drucksensors. In diesem Fall können Sie das QNH unabhängig von der Höhe korrigieren.“* Eine Kalibrierung über den gesamten zulässigen Höhenbereich ist dabei nicht vorgesehen.

---

bender Geltung, die für den sicheren Betrieb der Luftfahrt wesentlich sind. Piloten sind für die Führung der Luftfahrzeuge nach den Vorschriften des AIP verantwortlich (Art. 7 der Verordnung über die Rechte und Pflichten des Kommandanten eines Luftfahrzeuges).

<sup>11</sup> Segelflugpiloten, die ihre Flughöhe wie die Ballonfahrer in der Einheit Meter ausdrücken und die Segelflugkarte (GLDK 1:300 000 mit Höhenangaben in Metern) benutzen, können gemäss VFR-Guide statt der Höhenmessereinstellung 1013.2 hPa auch ein „*aktuelles regionales QNH*“ verwenden und die als Flugfläche angegebenen Luftraumgrenzen durch einen vom QNH abhängigen Tabellenwert korrigieren. Als „*aktuelle regionale QNH*“ sind dabei „*die aktuellen Werte des GAMET, resp. der Segelflugprognose zu verwenden*“ (RAC 6-1 §1).

Das auf der HB-BYI eingesetzte Gerät war seit seiner Inbetriebsetzung noch nie geprüft worden. Eine nach dem schweren Vorfall durchgeführte Prüfung ergab sowohl eine sehr gute Genauigkeit der QNH-Einstellung gemäss der Herstellerempfehlung als auch eine sehr gute Genauigkeit der Höhenanzeige im gesamten zu erwartenden Höhenbereich.

Der Pilot eines weiteren Heissluftballons der Dreierformation gab ebenso wie der Pilot der HB-BYI an, seinen Höhenmesser nie prüfen zu lassen. Die Pilotin des dritten Heissluftballons gab an, ihren Höhenmesser in einem Intervall von zwei Jahren prüfen zu lassen.

Die im VFG beschriebene „*Pflicht des Luftfahrzeugkommandanten oder eines anderen beauftragten Flugzeugbesatzungsmitgliedes, vor dem Beginn eines Fluges den oder die Höhenmesser auf einwandfreie Anzeige zu prüfen*“, indem die bei korrekt eingestelltem QNH angezeigte Höhe mit der Startplatzhöhe verglichen wird<sup>12</sup>, ist bei Starts ausserhalb von Flughäfen in der Praxis nicht anwendbar, weil das lokale QNH des Startplatzes nicht bekannt ist und nur durch einen bereits kalibrierten Höhenmesser ermittelt werden könnte.

#### 1.11.5 Angaben zum Einsatz von Funkgeräten

Der VFR-Guide enthält in Bezug auf den Einsatz von Funkgeräten durch Freiballone folgende Verfahrensvorgabe (vgl. dazu auch Anlage 1):

*„5 Minuten vor Einfahrt in Lufträume der Klassen C und D ist, sofern es die Ausbreitungsverhältnisse gestatten, mit der zuständigen ATC-Stelle Funkverbindung aufzunehmen und während der Fahrt aufrechtzuerhalten.“*

Die Nutzung der deutschen Sprache ist im Funkverkehr mit der Fluginformationszentrale erlaubt; mit den Flugverkehrsleitstellen des Nahkontrollbezirks Zürich und des Flughafens Zürich muss in englischer Sprache kommuniziert werden.

Im vorliegenden Fall stand der Pilot der HB-BYI zu keiner Zeit in Verbindung mit einer Flugverkehrsleitstelle oder der FIC. Er war der Ansicht, ohne Englischkenntnisse bei der Flugsicherung nicht willkommen zu sein. Aus diesem Grund verzichtete er jeweils auf eine Kontaktaufnahme mit der Flugsicherung und nutzte den ohne ATC-Freigabe befahrbaren Luftraum unter der TMA bis an seine Obergrenze aus. Für die beiden weiteren Ballone war ein Kontakt zur ATC nicht vorgeschrieben und wurde auch nicht aufgenommen.

Für die Kommunikation von Freiballonen unter sich und mit Begleitfahrzeugen stehen in der Schweiz die Frequenzen 122.250 MHz und 122.125 MHz zur Verfügung. Für das betroffene Gebiet ist dabei die Frequenz von 122.250 MHz vorgesehen. Im vorliegenden Fall waren die Funkgeräte aller drei Heissluftballone permanent auf die Frequenz 122.250 MHz eingestellt.

#### 1.11.6 Angaben zum Einsatz von Transpondern

Der VFR-Guide der Schweiz (VFG) enthält die „*Sonderregeln für Fahrten mit Freiballonen*“, die bezüglich des Einsatzes von Transponderanlagen Folgendes festhalten<sup>13</sup>:

---

<sup>12</sup> VFR-Guide, RAC 3-3 §3

<sup>13</sup> VFR-Guide, RAC 6-2. Der VFG stellt als Bestandteil des AIP Schweiz das für die Piloten massgebende Dokument dar. Das BAZL kam zum Schluss, dass für die „*Sonderregeln für Fahrten mit Freiballonen*“ keine Rechtsgrundlage bestehe (vgl. Kapitel 1.10.3).

- „Für Fahrten in den Lufträumen der Klassen C und D, ausgenommen in den CTR, ist das Mitführen eines betriebsbereiten SSR<sup>14</sup>-Transponders vorgeschrieben.“
- „Das Einschalten desselben hat auf Weisung der ATC zu erfolgen.“

Für Fahrten von Freiballonen in Lufträumen der Klasse E verweisen diese Sonderregeln zusätzlich auf die Anwendbarkeit der für Flugzeuge geltenden Vorgaben zur Benutzung von Transpondern<sup>15</sup>:

- „Luftraum der Klasse G und Luftraum der Klasse E unterhalb 7000 ft AMSL (inkl. Platzrundenverkehr auf unkontrollierten Flugplätzen): Die Luftfahrzeugführer sind verpflichtet, bei entsprechend ausgerüsteten Luftfahrzeugen den funktionstüchtigen Transponder auf Code 7000 (mit Höhenübermittlung) einzuschalten.“
- „Luftraum der Klasse E auf und oberhalb 7000 ft AMSL: Das Mitführen und Einschalten des funktionstüchtigen Transponders auf Code 7000 (mit Höhenübermittlung) ist obligatorisch.“

Bei der im VFG erwähnten Höhenübermittlung handelt es sich um die Übermittlung der nicht-temperaturkompensierten Fahrhöhe über der Standard-Druckfläche von 1013.2 hPa (*flight level* – FL) durch den Transponder. Die entsprechende Funktion des Transponders ist als *mode C* bekannt.

Im vorliegenden Fall führte die HB-BYI einen betriebsbereiten und eingeschalteten *Mode-C*-Transponder des Typs King KT 76A mit. Von den beiden weiteren Heissluftballonen verfügte der eine über einen betriebsbereiten, aber nicht eingeschalteten Transponder. Dessen Pilot gab an, den Transponder grundsätzlich nur vor einer beabsichtigten Einfahrt in kontrollierten Luftraum mit entsprechender Kontaktaufnahme zur Flugverkehrsleitung einzuschalten. Für den anderen Heissluftballon war eine Transponderanlage verfügbar, diese befand sich aber nicht an Bord. Dessen Pilotin gab an, diese Transponderanlage aus Gewichts- und Platzgründen noch gar nie mitgeführt gehabt zu haben.

#### 1.11.7 Angaben zur Prüfung von Transponderanlagen

Die Transponderanlagen aller mit einem Transponder ausgerüsteten Luftfahrzeuge sind grundsätzlich in einem Intervall von 24 Monaten einer eingehenden Prüfung zu unterziehen<sup>16</sup>. Diese Prüfungen sind von dafür genehmigten Betrieben durchzuführen und zu bescheinigen. Damit soll unter anderem die einwandfreie Funktion von Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystemen sichergestellt werden.

Die Transponderanlage, die auf der Vorfahrt der HB-BYI verwendet worden war, wurde am 26. Oktober 2012 letztmals geprüft. Eine nach dem Vorfall durchgeführte Prüfung dieser Transponderanlage ergab eine einwandfreie Funktion innerhalb der vorgeschriebenen Toleranzen.

Die periodischen Prüfungen der Transponderanlagen haben auch die zugehörigen kodierenden Höhenmesseranlagen (*altitude encoders*) zu umfassen<sup>17</sup>. Bei portablen Transponderanlagen, wie sie bei Ballonfahrten verwendet werden, beschränkt

<sup>14</sup> SSR: *secondary surveillance radar*, Sekundärradar

<sup>15</sup> VFR-Guide, RAC 1-4 §5. Segelflugzeuge, Hängegleiter und Motorflugzeuge ohne Generatoren sind von dieser Regel ausgenommen.

<sup>16</sup> Periodische Prüfung der ATC-Transponderanlagen gemäss Richtlinie TM 20.100-20 des BAZL

<sup>17</sup> Der *altitude encoder* übermittelt die von ihm gemessene und mathematisch auf 100 ft gerundete Druckhöhe (*flight level* – FL) in digitaler Form an den Transponder, der diesen Wert unverändert ausstrahlt.

man sich dabei in der Praxis auf die Überprüfung, ob der *altitude encoder* die korrekte Druckhöhe des Prüfortes übermittelt.

Im vorliegenden Fall wurde der *altitude encoder* aus der betroffenen Transponderanlage ausgebaut und einer gesonderten Überprüfung zugeführt. Damit konnte eine einwandfreie Funktion und Genauigkeit der Höhenübermittlung auch auf den während des schweren Vorfalles erreichten Fahrthöhen nachgewiesen werden.

#### 1.11.8 Einstellung der Funkgeräte der Flugsicherung auf eine Ballonfrequenz

Die Systeme der Skyguide erlauben es den Flugverkehrsleitern der Anflugleitstelle nicht, die Ballonfrequenz 122.250 MHz am Funkgerät einzustellen (*tuning*) und über diese Frequenz zu kommunizieren. Es ist den Flugverkehrsleitern der Anflugleitstelle nur möglich, „offizielle“ Funkfrequenzen für die Flugsicherung sowie einige Segelflugfrequenzen einzustellen und auf diesen zu kommunizieren.

### 1.12 Vergleichbare Vorfälle

#### 1.12.1 Airprox in der TMA Zürich vom 11. August 2012

Im Nahkontrollbezirk des Flughafens Zürich kam es am 11. August 2012 zu einer gefährlichen Annäherung eines Verkehrsflugzeuges des Musters Airbus A340 an ein Segelflugzeug. Das Verkehrsflugzeug befand sich dabei unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Zürich, während sich das Segelflugzeug ohne Freigabe der Flugverkehrsleitung 200 ft über der Untergrenze des Nahkontrollbezirks ebenfalls in der TMA Zürich aufhielt.

Der Schlussbericht<sup>18</sup> zu dieser Fastkollision hält als eine direkte Ursache „*fehlendes Risikobewusstsein des Segelflugpiloten*“ fest. Als systemisch risikoreich nennt der Bericht zudem folgenden Faktor: „*Die Lufträume um den Flughafen Zürich mit ihrer vertikalen Ausdehnung sind so ausgelegt, dass auch verhältnismässig kleine Fehler bereits zu gefährlichen Situationen führen können.*“ Zur Verdeutlichung enthält der Bericht acht weitere Beispiele gefährlicher Annäherungen in der TMA Zürich.

Im Rahmen der Untersuchung wurden fünf Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen. Diese Sicherheitsempfehlungen umfassen sowohl die Einführung von *transponder mandatory zones* (TMZ) um die Lufträume der Schweizer Flughäfen<sup>19</sup> als auch das Ergreifen anderer geeigneter Massnahmen zur Vermeidung von Luftraumverletzungen<sup>20</sup> sowie Massnahmen zur Vereinfachung der Luftraumstruktur<sup>21</sup>.

---

<sup>18</sup> Schlussbericht Nr. 2208 der damaligen Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

<sup>19</sup> Sicherheitsempfehlung Nr. 466: „*Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden von Nachbarstaaten um die Schweizer Flughäfen herum Lufträume festlegen, in denen sich ausschliesslich Luftfahrzeuge bewegen dürfen, die mit einem funktionsfähigen und eingeschalteten Transponder ausgerüstet sind (transponder mandatory zones – TMZ). Diese TMZ sollten die Kontrollzonen und Nahkontrollbezirke umfassen und gegenüber diesen Lufträumen vertikale oder horizontale Pufferzonen bilden.*“

<sup>20</sup> Sicherheitsempfehlung Nr. 467: „*Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gemeinsam mit den massgeblichen Luftfahrtverbänden und gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden von Nachbarstaaten insbesondere im Bereich von grösseren Schweizer Flughäfen wirksame Massnahmen ergreifen, die sicherstellen, dass Piloten der allgemeinen Luftfahrt die Grenzen von kontrollierten Lufträumen konsequent respektieren.*“

<sup>21</sup> Sicherheitsempfehlung Nr. 484: „*Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden von Nachbarstaaten und unter Einbezug der betroffenen Verkehrskreise die Luftraumstruktur um den Flughafen Zürich prüfen und Massnahmen treffen, welche die Nutzung des Luftraumes vereinfachen bzw. fehlertoleranter machen.*“

## 1.12.2 Airprox in der TMA Bern vom 15. September 2012

Im Nahkontrollbezirk des Flughafens Bern kam es am 15. September 2012 zu einer gefährlichen Annäherung eines Flugzeuges des Musters R182 an einen Heissluftballon. Das nach IFR fliegende Flugzeug befand sich dabei unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Bern-Belp, während der Heissluftballon ohne Freigabe der Flugverkehrsleitung und ohne Transponderanlage die TMA Bern durchstieg.

Der Schlussbericht<sup>22</sup> zu dieser Fastkollision hält als eine direkte Ursache fest: *„Der Ballonpilot verfügte über ein unzureichendes Bewusstsein bezüglich der Position des Ballons im Raum relativ zur Luftraumstruktur (situational awareness).“* Als beitragenden Faktor nennt der Bericht: *„Der Ballonpilot nahm keinen Kontakt mit der Flugsicherung auf.“*

Im Rahmen der Untersuchung wurde eine Sicherheitsempfehlung ausgesprochen, welche die Ausbildung zur Anwendung des Nebeldurchstossverfahrens betraf. Auf eine weitere Sicherheitsempfehlung zur Einführung von *transponder mandatory zones* um die Lufträume Schweizer Flughäfen wurde unter dem Hinweis auf die bereits publizierte Sicherheitsempfehlung Nr. 466 verzichtet: *„Eine Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlung würde auch das vorgehend beschriebene Sicherheitsdefizit beheben, weshalb die SUST auf eine weitere Sicherheitsempfehlung zu diesem Thema verzichtet.“*

---

<sup>22</sup> Schlussbericht Nr. 2224 der damaligen Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

## 2 Analyse

### 2.1 Technische Aspekte

#### 2.1.1 Allgemeines

Es liegen keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel vor, die den Vorfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

#### 2.1.2 Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem TCAS

Der Ausweichbefehl (*resolution advisory* – RA) des TCAS des Verkehrsflugzeuges wurde in Form einer *preventive* RA ausgegeben. Die Piloten konnten diesem Befehl damit ohne Änderung ihrer Flughöhe Folge leisten. Die RA wurde zudem um 17:47:35 UTC nur vier Sekunden vor dem Zeitpunkt der nächsten Annäherung zum Heissluftballon ausgegeben. Dies lässt den Schluss zu, dass das TCAS bei einer nur geringfügig grösseren Distanz zum Heissluftballon keine RA mehr ausgegeben hätte.

#### 2.1.3 Konfliktwarnsystem STCA

Das bodengestützte Konfliktwarnsystem STCA der Flugverkehrsleitung warnte im vorliegenden Fall nicht vor der Annäherung des Verkehrsflugzeuges an den Heissluftballon. Zur Vermeidung unnötiger Warnungen war es derart programmiert worden, dass erfasste Luftfahrzeuge mit Geschwindigkeiten über Grund von weniger als 30 Knoten nicht berücksichtigt werden. Die Geschwindigkeit über Grund des Heissluftballons lag während seiner gesamten Fahrt deutlich unter diesem Wert.

Das Konfliktwarnsystem STCA funktionierte somit gemäss seiner Auslegung, erfüllte aber im vorliegenden Fall seine Funktion als Sicherheitsnetz nicht. Diese Auslegung stellt eine systemische Ursache für den schweren Vorfall dar, denn eine Warnung hätte diesen mit hoher Wahrscheinlichkeit verhindert.

#### 2.1.4 Funksystem der Flugsicherung

Der Ballonpilot war auf der Ballonfrequenz 122.250 MHz hörbereit. Die Systeme der Skyguide erlauben es den Flugverkehrsleitern der Anflugleitstelle jedoch nicht, die Frequenz 122.250 MHz am Funkgerät einzustellen und über diese Frequenz zu kommunizieren. Selbst wenn die Flugverkehrsleiter in den Minuten vor dem Zwischenfall auf den Ballon aufmerksam geworden wären, hätten sie den Ballon deshalb nicht über Funk kontaktieren können. Auch nachdem die Flugverkehrsleiter auf den Ballon aufmerksam gemacht worden waren, konnten sie den Ballon nicht davon abhalten, sich während der nächsten halben Stunde weiterhin im Nahkontrollbezirk aufzuhalten. Diese Einschränkung des Funksystems ist aus Sicht der Sicherheit nicht optimal.

#### 2.1.5 Ausrüstung zur Höhenmessung des Heissluftballons

Der eingesetzte Höhenmesser war seit seiner Inbetriebnahme noch nie geprüft worden, und die vorgeschriebene periodische Prüfung der Transponderanlage inklusive des zugehörigen *altitude encoder* wurde nicht ausgeführt. Die nach dem Vorfall durchgeführten Tests zeigten jedoch, dass sowohl der Höhenmesser als auch die Transponderanlage einwandfrei und mit guter Genauigkeit funktionierten. Der technische Zustand der Geräte hatte auf die Entstehung des schweren Vorfalls deshalb keinen Einfluss. Ausserdem konnten die vom Transponder der HB-BYI ausgesendeten Höhendaten (*mode C*) deshalb als zuverlässig betrachtet und für die vorliegende Untersuchung verwendet werden.

Der Transponder der HB-BYI verfügte im Gegensatz zu Geräten modernerer Bauart über keine Anzeige der von ihm übermittelten Höhenangabe. Ohne Kontakt zur

Flugsicherung war es dem Piloten daher nicht möglich, seinen Höhenmesser anhand dieser Angabe zu überprüfen. Eine Überprüfung dieser Art erlaubt eine Aussage zur Vertrauenswürdigkeit der Höhenmesseranzeige, da die Transponderanlage im Gegensatz zum Höhenmesser einer periodischen Prüfung unterzogen werden muss.

## 2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

### 2.2.1 Pilot des Heissluftballons HB-BYI

Die erklärte Absicht des Piloten der HB-BYI, den ohne Freigabe der Flugverkehrsleitung befahrbaren Luftraum unter der TMA LSZH 11 bis an dessen Obergrenze von 6500 ft auszunutzen, war grundsätzlich zulässig, wenngleich aus verschiedenen Gründen wenig sicherheitsbewusst: Das genaue Einhalten einer bestimmten Höhe ist mit einem Heissluftballon wesentlich schwieriger zu bewerkstelligen als mit einem anderen Luftfahrzeug, bedingt durch den normalen Betrieb eines Heissluftballons pendelt dieser während der Horizontalfahrt immer um eine „mittlere“ Höhe herum (vgl. Abbildung 2, insbesondere der Bereich zwischen 17:45 und 17:55 UTC); der benutzte Höhenmesser war nicht auf den QNH-Wert des Höhenmessereinstellgebietes Zürich eingestellt (vgl. Kapitel 2.3.2); der Höhenmesser war seit seiner Inbetriebsetzung noch nie kalibriert oder anderweitig überprüft worden (vgl. Kapitel 2.3.3). Ausserdem ragt die Ballonhülle rund 70 Fuss (21 Meter) über die Höhe des Korbes hinaus, die Fahrthöhe wird jedoch im Korb gemessen.

Aus den obengenannten Gründen verfügte der Pilot mit der gewählten Fahrweise nicht über den Manövrierraum, um während des oberen Teils der Pendelbewegung ein Einfliegen in die TMA zu vermeiden. Die Existenz und die Höhe der TMA-Untergrenze waren dem Piloten bekannt. Dass er die TMA-Untergrenze trotz seiner Kenntnis dieser Untergrenze überstieg, ist auf ein mangelndes Bewusstsein des Umstandes, dass sich Luftfahrzeuge in der TMA bis auf nur 500 ft an deren Untergrenze annähern dürfen, zurückzuführen. Dieses mangelnde Bewusstsein über die sicherheitsrelevante Bedeutung der Luftraumgrenzen stellt einen wesentlichen kausalen Faktor für die Entstehung des vorliegend untersuchten schweren Vorfalls dar.

Die Höhenmessereinstellung der HB-BYI hatte auf die Entstehung des vorliegenden schweren Vorfalls keinen Einfluss, da die Luftraumverletzung auch durch eine korrekte Einstellung des Höhenmessers auf das QNH von Zürich nicht verhindert worden wäre (vgl. Kapitel 2.3.2). Zudem basierte das TCAS des Verkehrsflugzeuges auf der vom *altitude encoder* der HB-BYI gemessenen und vom Transponder übermittelten Druckhöhe, wodurch es unabhängig von Höhenmessereinstellungen funktionierte. Auch auf eine Warnung des STCA hätte eine andere Höhenmessereinstellung keine Auswirkung gehabt.

Der Pilot zog es vor, Luftraumgrenzen vollständig auszunutzen und nicht mit der Flugsicherung in Kontakt zu treten, weil er der Meinung war, nur mit einer Kommunikation auf Englisch willkommen zu sein. Damit konnte er nicht auf Luftraumverletzungen oder andere Luftfahrzeuge aufmerksam gemacht werden. Ein Kontakt zur Fluginformationszentrale (*flight information center* - FIC) wäre in deutscher Sprache möglich gewesen und hätte es der Flugsicherung erleichtert, eine potenzielle Konfliktsituation zu erkennen. Zu einem solchen Kontakt wäre der Pilot befähigt und berechtigt gewesen. Die Hemmung des Ballonpiloten, Funkkontakt zu einer Flugsicherungsstelle aufzunehmen, hat deshalb zur Entstehung des schweren Vorfalls beigetragen.

Der Ballonpilot war auf der Ballonfrequenz von 122.250 MHz hörbereit. Auf Seiten des Ballons waren die Voraussetzungen also gegeben, dass der Ballon hätte kontaktiert werden können.

Das Mitführen einer betriebsbereiten und eingeschalteten Transponderanlage an Bord der HB-BYI war sicherheitsbewusst, da sowohl die Darstellung des Heissluftballons auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter als auch das Konfliktwarnsystem STCA der Flugverkehrsleitung sowie das Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem TCAS des Verkehrsflugzeuges ausschliesslich auf den Signalen dieses Transponders beruhen.

#### 2.2.2 Piloten der weiteren Heissluftballone

Das Mitführen einer betriebsbereiten Transponderanlage in ausgeschaltetem Zustand durch einen weiteren Ballonpiloten entsprach nicht den Verfahrensvorgaben (vgl. Kapitel 1.11.6). Das Nicht-Mitführen einer betriebsbereiten Transponderanlage im dritten Ballon durch dessen Pilotin erfolgte zumindest nicht im Sinne dieser Verfahrensvorgaben. Eingeschaltete Transponderanlagen hätten die Gruppe aus drei Heissluftballonen für die Flugverkehrsleiter prominenter sichtbar gemacht und insbesondere auf allfällige TCAS-Ausweichmanöver des Verkehrsflugzeuges einen entscheidenden Einfluss haben können (vgl. Kapitel 2.3.1).

Aufgrund der vorliegenden Aufzeichnungen kann praktisch ausgeschlossen werden, dass sich die beiden weiteren Heissluftballone zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls ebenfalls in der TMA LSZH 11 aufhielten. Die Aufzeichnungen deuten darauf hin, dass diese Ballone stets mit deutlichem vertikalem Abstand zur Untergrenze der TMA LSZH 11 fuhren.

Die Höhenmesser der beiden weiteren Heissluftballone waren ebenso wie der Höhenmesser der HB-BYI nicht auf das QNH des Höhenmessereinstellgebietes Zürich eingestellt. Die Piloten der beiden weiteren Heissluftballone wahrten jedoch einen ausreichenden Abstand zur Untergrenze der TMA, sodass ihre ungenauen Höhenmessereinstellungen keine Rolle spielten.

#### 2.2.3 Besatzung SWR 1193

Die Besatzung des Verkehrsflugzeuges SWR 1193 hatte die drei Heissluftballone bereits zu einem frühen Zeitpunkt in Sicht. Die Besatzung schätzte ihre Separation zu den Heissluftballonen stets als unproblematisch ein und sah deshalb keine Veranlassung zu einer Information der Flugverkehrsleitung.

Die unmittelbare Reaktion der Besatzung auf die TCAS *resolution advisory* entsprach abgesehen von ihrer Meldung an die Flugverkehrsleitung der Verfahrensvorgabe. Sowohl der verzögerte Zeitpunkt der Meldung als auch der nicht der Standard-Phraseologie entsprechende Ausdruck hatten im vorliegenden Fall jedoch keine negativen Auswirkungen auf den weiteren Verlauf der Dinge.

#### 2.2.4 Flugverkehrsleiter

Die beteiligten Flugverkehrsleiter der Sektoren *Approach East* und *Final* gaben an, das Radarziel des Ballons auf ihren Bildschirmen nicht bewusst wahrgenommen zu haben. Dies ist insofern nachvollziehbar, als sich das Radarziel des Ballons im Vergleich zum übrigen Flugverkehr praktisch nicht bewegte und sich zeitweise auch unterhalb der TMA-Grenze befand. Zudem war der Fokus des Flugverkehrsleiters *Approach East* eher gegen Norden auf den ankommenden Verkehr gerichtet, während sich die Flugverkehrsleiterin *Final* auf die Zone des Endanfluges des Instrumentenlandesystems der Piste 28 konzentrierte.

Das Nichterkennen des Konflikts wurde begünstigt durch die diskrete blassbraune Darstellung des Ballons, die nach dessen nicht bewilligter Einfahrt in die TMA unverändert blieb, sowie die Tatsache, dass die Flugverkehrsleiter mit einem unplanmässig nach Zürich zurückkehrenden Flugzeug beschäftigt waren.

Die Flugverkehrsleiter gaben an, dass sie erwartet hätten, im Falle eines Konflikts vom STCA gewarnt zu werden. Es war ihnen nicht bekannt, dass das STCA, um Fehlalarme zu minimieren, nur Luftfahrzeuge mit einer Geschwindigkeit über Grund von mindestens 30 kt berücksichtigte.

Die Flugverkehrsleiterin *Final* gab kurz nach Bekanntwerden des Konflikts die Verkehrsinformation an ihre Kollegen weiter. Dies war sicherheitsbewusst und ermöglichte es, die übrigen Verkehrsteilnehmer zu warnen.

## 2.3 Verfahrensvorgaben

### 2.3.1 Transponderpflicht

Verfahrensvorgaben, die das Einschalten der Transponder an Bord von VFR-Luftfahrzeugen ohne Aufforderung der Flugverkehrsleitung vorsehen, haben zum Zweck, die Erkennbarkeit dieser Luftfahrzeuge für boden- wie auch für luftgestützte Verkehrswarn- und Überwachungssysteme sicherzustellen. Ausnahmeregelungen sind deshalb zwar kulant und im Einzelfall begrüssenswert, gesamthaft aber nicht im Sinne der Flugsicherheit. Eine Verschärfung der Transponderpflicht, insbesondere in der unmittelbaren Umgebung von Verkehrsflughäfen und deren Kontrollzonen und Nahkontrollbezirken, wurde deshalb bereits empfohlen (vgl. Kapitel 1.12.1, Sicherheitsempfehlung Nr. 466 zur Einführung von *transponder mandatory zones*, und Kapitel 2.3.4).

In der Diskussion um eine Transponderpflicht darf in Bezug auf TCAS-Ausweichmanöver nicht ausser Acht gelassen werden, dass TCAS-Systeme zur Berechnung von Ausweichmanövern sämtliche sich in unmittelbarer Umgebung befindlichen Luftfahrzeuge mit eingeschalteten Transpondern berücksichtigen. Im vorliegenden Fall hätte deshalb bei anderer Aufstellung der Ballonformation ein Ausweichmanöver des Verkehrsflugzeuges auch zu einer gefährlichen Annäherung an die beiden Ballone ohne eingeschaltete Transponder führen können.

Das Regelwerk zur Benutzung von Transponderanlagen ist so kompliziert aufgebaut und unterliegt derart häufigen Änderungen, dass es sogar Fachleuten schwerfällt, verbindliche Aussagen hierzu zu machen (vgl. Kapitel 1.10.3.1). Vor diesem Hintergrund erstaunt es nicht, dass die drei Ballonfahrer ihre Transponderanlagen auf ganz unterschiedliche Weise handhabten.

### 2.3.2 Höhenmessereinstellung

Das in der Praxis etablierte Verfahren zur Höhenmessereinstellung, wonach vor dem Start die aus einer Landkarte ermittelte Startplatzhöhe eingestellt wird, liefert für die Startphase korrekte Höhenanzeigen. Für eine spätere Ermittlung des vertikalen Abstandes zu einer als Höhe über Meer angegebenen Luftraumuntergrenze ist diese Einstellung jedoch zu ungenau, weil das lokale QNH des Startplatzes erheblich vom QNH des Höhenmessereinstellgebietes gemäss VFR-Guide abweichen kann, das im vorliegenden Fall dem QNH des Flughafens Zürich entsprach.

Der zu erwartende Einfluss dieser Abweichung war im vorliegenden Fall klein im Vergleich zur Luftraumverletzung. Da der Höhenmesser der HB-BYI zudem bei Temperaturen über ISA auf eine Startplatzhöhe eingestellt wurde, die über derjenigen des Flughafens Zürich lag, führte dieser Einfluss zu einer zu hohen Anzeige und damit zu einer tiefer als angezeigten Fahrhöhe. Die Höhenmessereinstellung der HB-BYI war deshalb nicht ursächlich oder beitragend für die Entstehung des schweren Vorfalls.

Die vorliegende Untersuchung zeigte, dass bezüglich der Verfahrensvorgaben zur Höhenmessereinstellung und bezüglich der Interpretation von Höhenangaben verbreitete Wissenslücken bestehen. Defizite in der Ausbildung (vgl. Kapitel 1.10.1)

sowie ein kompliziertes und uneinheitliches Regelwerk (vgl. Kapitel 1.11.3, Fussnote 10) können hierzu beigetragen haben.

### 2.3.3 Periodische Prüfung von Höhenmessern und Transponderanlagen

Die bereits bestehende Vorgabe zur periodischen Prüfung von Transponderanlagen führt bei deren Einhaltung dazu, dass die zugehörigen *altitude encoders* vertrauenswürdige Höhenangaben in Form eines *flight level* liefern. Wird eine solche Angabe nicht auf dem Transponder selbst zur Anzeige gebracht, kann sie von der Flugverkehrsleitung abgefragt werden. Nach einer Einstellung des Höhenmessers auf den Standarddruck von 1013.2 hPa kann dieser jederzeit und auf jeder Höhe auf seine Anzeigegenauigkeit überprüft werden, da die Höhenanzeige dann diesem *flight level* entsprechen muss. Sofern Transponderanlagen zum Einsatz kommen, erachtet die SUST eine gesonderte Vorgabe zur periodischen Prüfung der auf Ballonfahrten eingesetzten Höhenmesser deshalb als nicht notwendig.

### 2.3.4 Luftraumstruktur um den Flughafen Zürich

Die Festlegung der Untergrenzen von Nahkontrollbezirken (*terminal control area - TMA*) geschieht stets im Spannungsfeld der Interessen verschiedener Benutzergruppen des Luftraums. Einerseits muss ein ausreichender Schutz des innerhalb der TMA abgewickelten kontrollierten Flugverkehrs sichergestellt werden, andererseits soll der unter der TMA für unkontrollierten Flugverkehr verfügbare Luftraum nicht unnötig eingeeengt werden („*freedom of action for VFR flights below the control area*“<sup>23</sup>).

Die Untersuchung bisheriger Luftraumverletzungen weist nicht nur auf eine hohe Anzahl von Luftraumverletzungen selbst hin, sondern auch auf eine wenig fehler-tolerante Luftraumstruktur. Diese hat zur Folge, dass – wie auch schon in anderen Untersuchungen von vergleichbaren schweren Vorfällen festgestellt wurde – bereits verhältnismässig kleine Fehler zu gefährlichen Situationen führen können.

---

<sup>23</sup> vgl. ICAO Annex 11 – Air Traffic Services – Kapitel 2.10.3.2.1

### 3 Schlussfolgerungen

#### 3.1 Befunde

##### 3.1.1 Technische Aspekte

- Die Luftfahrzeuge waren zum Verkehr zugelassen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel, die den Vorfall hätten verursachen oder beeinflussen können.
- Der Höhenmesser und die Transponderanlage des Heissluftballons funktionierten einwandfrei.

##### 3.1.2 Besatzungen

- Die Piloten besaßen die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Piloten vor.

##### 3.1.3 Mitarbeiter der Flugsicherung

- Die Flugverkehrsleiter besaßen die für die Ausübung ihrer Tätigkeit notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Flugverkehrsleiter vor.

##### 3.1.4 Flugverlauf

- Um 17:35:50 UTC fuhr der Heissluftballon ohne die für einen Luftraum der Klasse C notwendige Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle in den Sektor des Nahkontrollbezirks (*terminal control area* – TMA) LSZH 11 des Nahkontrollbezirks Zürich ein.
- Um 17:46:10 UTC flog das Verkehrsflugzeug mit dem Flugplankennzeichen SWR 1193, das sich unter Radarführung im Anflug auf Piste 28 des Flughafens Zürich befand, ebenfalls in die TMA LSZH 11 ein.
- Um 17:47:35 UTC gab das TCAS des Verkehrsflugzeugs einen Ausweichbefehl aus. Die Besatzung konnte diesem Befehl Folge leisten, indem sie ihre Flughöhe und Flugrichtung beibehielt.
- Zum Zeitpunkt dieses Ausweichbefehls fuhr der Heissluftballon auf einer Höhe von 6770 ft AMSL, über der Untergrenze der TMA LSZH 11 von 6500 ft AMSL, mit einer Geschwindigkeit von 11 Knoten in östlicher Richtung.
- Um 17:47:39 UTC erreichte das Verkehrsflugzeug mit 0.4 NM horizontal und 500 ft vertikal den geringsten Abstand zum Heissluftballon.
- Das Verkehrsflugzeug setzte seinen Anflug wie vorgesehen fort und landete um 17:56:41 UTC auf Piste 28 des Flughafens Zürich.
- Der Heissluftballon setzte seine Fahrt durch die TMA LSZH 11 fort und landete um 18:50 UTC unterhalb des östlichen Randes der TMA LSZH 11.

##### 3.1.5 Rahmenbedingungen

- Die Wetterbedingungen waren gut und hatten keinen Einfluss auf die Entstehung des schweren Vorfalls.

- Der vertikale Mindestabstand zwischen IFR-Verkehr in der TMA und unkontrolliertem VFR-Verkehr an der Untergrenze der TMA betrug 500 ft, im Gegensatz zur vertikalen Mindeststaffelung von 1000 ft innerhalb der TMA.
- Der Heissluftballon führte einen betriebsbereiten und eingeschalteten Transponder mit. Damit war er auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter zwar sichtbar, wurde von diesen aber nicht wahrgenommen.
- Das bodenseitige Konfliktwarnsystem (*short term conflict alert* – STCA) der Flugverkehrsleitung warnte nicht vor der Annäherung des Verkehrsflugzeuges an den Heissluftballon. Es war derart programmiert, dass Luftfahrzeuge mit Geschwindigkeiten über Grund von weniger als 30 Knoten nicht berücksichtigt werden.
- Die diskrete blassbraune Darstellung von VFR-Verkehr auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter veränderte sich nicht nach einem unbewilligten Einflug in die TMA.

### 3.2 Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass ein Heissluftballon ohne Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle in einen Luftraum der Klasse C einfuhr, was zu einer gefährlichen Annäherung an ein Verkehrsflugzeug führte, das sich unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Zürich befand.

Als direkte Ursache wurde folgender Faktor ermittelt:

- Das mangelnde Bewusstsein des Ballonpiloten bezüglich seiner minimal möglichen Separation zu Luftfahrzeugen in der TMA.

Als systemische Ursachen wurden folgende Faktoren ermittelt:

- Die unauffällige Darstellung von VFR-Verkehr auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter nach einem nicht bewilligten Einflug in die TMA;
- Die unzureichende Programmierung des bodenseitigen Konfliktwarnsystems.

Zur Entstehung des schweren Vorfalls hat folgender Faktor beigetragen:

- Die Hemmung des Ballonpiloten, Kontakt zur Flugsicherung aufzunehmen.

Im Rahmen der Untersuchung wurden folgende Faktoren zwar nicht als ursächlich oder beitragend, aber dennoch als systemisch risikoreich erkannt (*factors to risk*):

- Verbreitete Wissensdefizite zum Gebrauch von Höhenmessern und Transponderanlagen;
- Die durch die Auslegung der Funksysteme bedingte Unmöglichkeit für Flugverkehrsleiter der Anflugleitstelle, auf der Ballonfrequenz von 122.250 MHz zu kommunizieren;
- Die eingeschränkte Transponderpflicht unter der TMA;
- Die Lufträume um den Flughafen Zürich mit ihrer vertikalen Ausdehnung sind so ausgelegt, dass auch verhältnismässig kleine Fehler bereits zu gefährlichen Situationen führen können.

## 4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

### Sicherheitsempfehlungen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) sowie Artikel 17 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG richten sich alle Sicherheitsempfehlungen, die in diesem Bericht aufgeführt sind, an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates, die darüber zu entscheiden hat, inwiefern diese Empfehlungen umzusetzen sind. Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Flugsicherheit anzustreben.

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

#### „Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

<sup>1</sup> Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

<sup>2</sup> Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

<sup>3</sup> Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.“

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes oder von ausländischen Aufsichtsbehörden unter [www.sust.admin.ch](http://www.sust.admin.ch) und erlaubt so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

### Sicherheitshinweise

Als Reaktion auf während der Untersuchung festgestellte Sicherheitsdefizite kann die SUST Sicherheitshinweise veröffentlichen. Sicherheitshinweise werden formuliert, wenn eine Sicherheitsempfehlung nach der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 nicht angezeigt erscheint, formell nicht möglich ist oder wenn durch die freiere Form eines Sicherheitshinweises eine grössere Wirkung absehbar ist. Sicherheitshinweise der SUST haben ihre Rechtsgrundlage in Artikel 56 der VSZV:

#### „Art. 56 Informationen zur Unfallverhütung

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen zur Unfallverhütung veröffentlichen.“

### 4.1 Sicherheitsempfehlungen

#### 4.1.1 Allgemeines

Im Rahmen des vorliegenden Schlussberichtes werden fünf neue Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen. Ein wesentliches Sicherheitsdefizit, das sich in diesem Fall einmal mehr zeigt, betrifft die Gefährdung, die entsteht, wenn sich Grossflugzeuge der Verkehrsluftfahrt und nach Sichtflugregeln betriebene Luftfahrzeuge der

Sport- und Leichtaviatik annähern, weil letztere ohne Freigabe der Flugsicherung in Lufträume eindringen, die primär dem Verkehr nach Instrumentenflugregeln dienen. Diesbezüglich werden im Folgenden bereits ausgesprochene Sicherheitsempfehlungen nochmals aufgenommen und durch zwei zusätzliche Sicherheitsempfehlungen ergänzt, mit der Absicht, dass dieses seit langem bestehende Sicherheitsdefizit damit endlich eine Entschärfung erfahren wird.

Die weiteren Sicherheitsempfehlungen betreffen die Darstellung des VFR-Verkehrs auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter und die Auslegung des bodenseitigen Konfliktwarnsystems (*short term conflict alert* - STCA) als systemische Ursachen des schweren Vorfalls. Die letzte Sicherheitsempfehlung betrifft die Hemmung des Ballonpiloten, Kontakt zur Flugsicherung aufzunehmen, als beitragenden Faktor sowie die verbreiteten Wissensdefizite zum Gebrauch von Höhenmessern und Transponderanlagen, die als systemisch risikoreich erkannt wurden.

#### 4.1.2 Sicherheitsempfehlungen zur Verringerung der Kollisionsgefahr zwischen Grossflugzeugen und Flugzeugen der Sport- und Leichtaviatik

##### 4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Am 3. Juni 2015 kam es im Nahkontrollbezirk (*terminal control area* - TMA) des Flughafens Zürich zu einer gefährlichen Annäherung eines Verkehrsflugzeugs an einen Heissluftballon. Das Verkehrsflugzeug befand sich dabei unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Zürich. Der Heissluftballon hielt sich ohne Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle im Nahkontrollbezirk auf, weil der Ballonpilot ein mangelhaftes Bewusstsein über die Risiken aufwies, die er durch einen auch nur geringfügigen Einflug in einen solchen Luftraum verursachte.

Bei der Flugsicherung war der Heissluftballon aufgrund des eingeschalteten Transponders zwar grundsätzlich erkennbar, aber die Darstellung auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter war derart unauffällig, dass die nicht bewilligte Einfahrt bis zur gefährlichen Annäherung nicht bemerkt wurde.

Im Rahmen der Untersuchung der folgenden Fastkollisionen wurden ähnliche Sicherheitsdefizite festgestellt:

- Die Untersuchung einer Fastkollision zwischen einem Verkehrsflugzeug und einem Segelflugzeug im Nahkontrollbezirk des Flughafens Zürich vom 11. August 2012 zeigte als direkte Ursache ein fehlendes Risikobewusstsein des Piloten bezüglich eines unbewilligten Einfluges in den kontrollierten Luftraum der Klasse C.
- Die gleiche Fastkollision zeigte als systemische Risiken eine wenig fehlertolerante Luftraumstruktur um den Flughafen Zürich und eine eingeschränkte Transponderpflicht auf, welche die Erkennbarkeit von unbewilligten Einflügen in den Nahkontrollbezirk erschwert.
- Die Untersuchung einer Fastkollision zwischen einem Sportflugzeug und einem Heissluftballon im Nahkontrollbezirk des Flughafens Bern vom 15. September 2012 war primär auf ein unzureichendes Bewusstsein des Ballonpiloten bezüglich der Position des Ballons im Raum relativ zur Luftraumstruktur zurückzuführen.
- Zur gleichen Fastkollision trug bei, dass der Pilot keinen Transponder mitführte und damit für die Flugverkehrsleitung nicht erkennbar war.

Alle diese gefährlichen Annäherungen weisen folgende gemeinsamen Elemente auf:

Die entsprechenden Piloten verfügten zwar über ausreichende Kenntnisse der Luftraumstruktur an sich und wären auch mit den vorhandenen Mitteln in der Lage gewesen, die Grenzen der Nahkontrollbezirke einzuhalten bzw. mit der Flugsicherung in Kontakt zu treten, um allenfalls eine Einflugbewilligung zu erfragen. Sie waren aber der Auffassung, dass geringfügige nicht bewilligte Einflüge in Nahkontrollbezirke kein Problem darstellten, weil noch genügend Sicherheitsmargen vorhanden seien. Dies waren unzutreffende Annahmen, denn die schweizerischen Lufträume zeichnen sich im Gegenteil durch sehr geringe Sicherheitsmargen aus, weil – um die Leicht- und Sportaviatik möglichst wenig einzuschränken – die Abstände zwischen Gebieten, in denen sich Luftfahrzeuge nach Sichtflugregeln frei bewegen dürfen, und Gebieten in denen mehrheitlich Grossluftfahrzeuge nach Instrumentenflugregeln geführt werden, auf das geringstmögliche Mass reduziert sind. Diese Rücksichtnahme auf die Bedürfnisse der Leicht- und Sportaviatik bedingt aber, dass Grenzen von Lufträumen konsequent eingehalten werden, weil sonst unverzüglich erhebliche Gefährdungssituationen entstehen können. Zudem können auch bei ausreichendem Wissensstand der Luftraumbenutzer und gut entwickelter Disziplin immer wieder – zumindest – geringfügige Fehler auftreten, die bereits gravierende Folgen haben können. Es ist deshalb anzustreben, dass auch bei Fehlern eine gewisse Resilienz im System vorhanden ist. Eine solche Fähigkeit zur frühzeitigen Korrektur kleiner Fehler könnte erreicht werden, wenn nicht bewilligte Einflüge in einen kontrollierten Luftraum für die Flugsicherung frühzeitig erkennbar sind, so dass zeitgerecht Abwehrmassnahmen ergriffen werden können.

Um das dargelegte Sicherheitsdefizit verringern zu können, bieten sich deshalb grundsätzlich mehrere Strategien an:

- a) Die Lufträume verbleiben so, wie sie sind, aber das Bewusstsein der Besatzungen bezüglich der geringen Fehlertoleranz wird verbessert und es wird sichergestellt, dass alle Luftfahrzeuge den Flugverkehrsleitern spätestens beim Einflug in den kontrollierten Luftraum auf geeignete Weise dargestellt werden. Ebenso sollte sichergestellt sein, dass die Systeme, wie sie in Grossluftfahrzeugen zur Warnung vor gefährlichen Annäherungen und zur Verhinderung von Kollisionen eingebaut sind, ihre Funktion als letztes Sicherheitsnetz übernehmen können.
- b) Man trifft keine betrieblichen oder technischen Massnahmen zur Verringerung des Kollisionsrisikos, vergrössert aber die Lufträume, in denen insbesondere Grossluftfahrzeuge nach Instrumentenflugregeln geführt werden, damit grössere Sicherheitsmargen entstehen. Diese zusätzlichen Pufferzonen müssen so gross ausgelegt sein, dass auch bei Navigationsfehlern von Luftfahrzeugen der Klein- und Sportaviatik, die durch die Flugverkehrsleitung nicht erkennbar sind, keine Gefährdung der Grossflugzeuge auftreten kann.

Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle hat im Rahmen der Untersuchung der beiden Fastkollisionen des Jahres 2012 die betroffenen Verkehrskreise, wie gesetzlich vorgesehen, konsultiert, um breit abgestützte und einfach umzusetzende Sicherheitsempfehlungen aussprechen zu können. Ein Grossteil der damals konsultierten Verkehrskreise sprach sich für eine technisch-betriebliche Lösung aus, worauf die SUST unter anderem die Sicherheitsempfehlung Nr. 466 aussprach, die eine verhältnismässig einfache und kostengünstige Verbesserungsmöglichkeit darstellen würde:

*„Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden von Nachbarstaaten um die Schweizer Flughäfen herum Lufträume festlegen, in denen sich ausschliesslich Luftfahrzeuge bewegen dürfen, die mit einem funktionsfähigen und eingeschalteten Transponder ausgerüstet sind (transponder mandatory zones – TMZ). Diese TMZ sollten die Kontrollzonen und*

*Nahkontrollbezirke umfassen und gegenüber diesen Lufträumen vertikale oder horizontale Pufferzonen bilden.“*

Im Rahmen der Untersuchung des vorliegenden schweren Vorfalles, der sich rund drei Jahre nach den Fastkollisionen des Jahres 2012 ereignete, musste die SUST im Kontakt mit annähernd den gleichen beteiligten Verkehrskreisen feststellen, dass bisher kaum konkrete Massnahmen zur Verringerung des genannten Kollisionsrisikos zwischen Grossluftfahrzeugen und fälschlich in Nahkontrollbezirken einfliegenden Luftfahrzeugen der Leicht- und Sportaviatik getroffen worden sind. Die beteiligten Verkehrskreise wiesen sich dabei gegenseitig die Verantwortung für die noch immer bestehenden Sicherheitsdefizite und die schleppende Umsetzung von Verbesserungen zu. Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle enthält sich bezüglich dieses Vorgehens der betroffenen Verkehrskreise jeglichen Kommentars, weist aber nochmals eindringlich darauf hin, dass die hinlänglich bekannten Kollisionsrisiken zwischen Grossluftfahrzeugen und Luftfahrzeugen der Leicht- und Sportaviatik nach wie vor bestehen, weil der komplexe Schweizer Luftraum kaum Fehler verzeiht und durch eine fehlende Transponderpflicht sowohl die Sicherheitsnetze bei der Flugsicherung als auch in den Verkehrsflugzeugen unwirksam werden können.

Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle empfiehlt deshalb einmal mehr im Sinne der Sicherheitsempfehlung Nr. 466, zum Schutz der Kontrollzonen und Nahkontrollbezirke *transponder mandatory zones* einzuführen.

Im Sinne der oben dargelegten verschiedenartigen Strategien, die möglich sind, um das vorliegende Sicherheitsdefizit zu reduzieren und damit einen ganzheitlichen Lösungsansatz zu unterstützen, spricht die SUST folgende zwei Sicherheitsempfehlungen zusätzlich aus:

#### 4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 518

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte für den Betrieb von Luftfahrzeugen, die für ein Grossluftfahrzeug eine Gefahr darstellen können, über schweizerischem Hoheitsgebiet ausnahmslos die Pflicht zum Mitführen eines betriebsbereiten und eingeschalteten Transponders vorschreiben. Dabei sollte insbesondere auf eine möglichst weitgehende Kompatibilität mit den am weitesten verbreiteten Systemen zur Warnung vor unbeabsichtigten Annäherungen und zur Verhinderung von Kollisionen geachtet werden. Zusammen mit der Flugsicherung sollte das BAZL technische und betriebliche Rahmenbedingungen festlegen, die eine optimale Nutzung dieser Transponderpflicht zu Gunsten der Flugverkehrsleitung erlauben.

#### 4.1.2.3 Sicherheitsempfehlung Nr. 519

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte, gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden von Nachbarstaaten, um die Schweizer Flughäfen herum kontrollierte Lufträume der Klassen D oder C festlegen, die einfach gestaltet und ausreichend dimensioniert sind, so dass keine Gefährdung von Grossluftfahrzeugen durch Luftfahrzeuge der Leicht- und Sportaviatik, die ohne Freigabe in diese Lufträume eindringen, mehr entstehen kann.

#### 4.1.3 Sicherheitsempfehlung zur Darstellung von VFR-Verkehr auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter

##### 4.1.3.1 Sicherheitsdefizit

Am 3. Juni 2015 kam es im Nahkontrollbezirk (*terminal control area* - TMA) des Flughafens Zürich zu einer gefährlichen Annäherung eines Verkehrsflugzeugs an einen Heissluftballon. Das Verkehrsflugzeug befand sich dabei unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Zürich. Der Heissluftballon hielt sich mehrfach

ohne Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle, aber mit eingeschaltetem Transponder im Nahkontrollbezirk auf.

Auf den Bildschirmen der Flugverkehrsleiter war der Heissluftballon in der für unkontrollierte VFR-Flüge typischen blassbraunen Farbe erkennbar. Von der ersten nicht bewilligten Einfahrt in die TMA bis zum Zeitpunkt der nächsten Annäherung verstrichen rund 12 Minuten. Während dieser Zeitspanne blieben die nicht bewilligten Einfahrten des Heissluftballons von allen drei involvierten Flugverkehrsleitern unbemerkt.

Eine automatische Warnung der Flugverkehrsleiter im Falle eines nicht bewilligten Einfluges eines VFR-Flugzeuges in eine TMA wurde zwar bei Skyguide bereits früher angeregt, bis heute aber nicht realisiert. Vor dem Hintergrund weiterer untersuchter Luftraumverletzungen ist die SUST überzeugt, dass sich mit einer raschen Einführung eines derartigen Warnsystems eine wirksame Verbesserung der Flugsicherheit herbeiführen liesse.

#### 4.1.3.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 520

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gemeinsam mit der Flugsicherung Skyguide Massnahmen zur Warnung von Flugverkehrsleitern vor nicht bewilligten Einflügen in Lufträume, die primär dem Verkehr nach Instrumentenflugregeln dienen, entwickeln.

#### 4.1.4 Sicherheitsempfehlung zur Verbesserung des bodenseitigen Konfliktwarnsystems

##### 4.1.4.1 Sicherheitsdefizit

Am 3. Juni 2015 kam es im Nahkontrollbezirk (*terminal control areas* - TMA) des Flughafens Zürich zu einer gefährlichen Annäherung eines Verkehrsflugzeuges an einen Heissluftballon. Das Verkehrsflugzeug befand sich dabei unter Radarführung im Anflug auf den Flughafen Zürich. Der Heissluftballon hielt sich mehrfach ohne Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle, aber mit eingeschaltetem Transponder im Nahkontrollbezirk auf.

Das bodengestützte Konfliktwarnsystem (*short term conflict alert* – STCA) der Flugverkehrsleitung warnte nicht vor der Annäherung des Verkehrsflugzeuges an den Heissluftballon. Zur Vermeidung unnötiger Warnungen war es derart programmiert worden, dass erfasste Luftfahrzeuge mit Geschwindigkeiten über Grund von weniger als 30 Knoten nicht berücksichtigt werden. Die Geschwindigkeit über Grund des Heissluftballons lag während seiner gesamten Fahrt deutlich unter diesem Wert. Die Programmierung des Konfliktwarnsystems STCA ist deshalb für die Warnung vor Konflikten mit langsam fliegenden Luftfahrzeugen ungeeignet.

##### 4.1.4.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 521

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gemeinsam mit der Flugsicherung Skyguide das Konfliktwarnsystem STCA derart verbessern, dass dieses auch vor Konflikten mit langsam fliegenden Luftfahrzeugen warnt.

#### 4.1.5 Sicherheitsempfehlung zur Behebung von Ausbildungsdefiziten

##### 4.1.5.1 Sicherheitsdefizit

Am 3. Juni 2015 kam es im Nahkontrollbezirk (*terminal control area* - TMA) des Flughafens Zürich zu einer gefährlichen Annäherung eines Verkehrsflugzeuges an einen Heissluftballon. Das Verkehrsflugzeug befand sich dabei unter Radarfüh-

rung im Anflug auf den Flughafen Zürich. Der Heissluftballon hielt sich ohne Freigabe einer Flugverkehrsleitstelle, aber mit eingeschaltetem Transponder im Nahkontrollbezirk auf.

Als beitragende Ursache dieses Vorfalles wurde die Hemmung des Ballonpiloten, Kontakt zur Flugsicherung aufzunehmen, ermittelt. Als systemisch risikoreich wurden zudem verbreitete Wissensdefizite zum Gebrauch von Höhenmessern und Transponderanlagen erkannt. Diese Faktoren deuten auf Verbesserungsmöglichkeiten in der Ausbildung hin und sind vor dem Hintergrund der Tatsache zu sehen, dass nach der initialen Ausbildung von Ballonpiloten keine periodische Befähigungsüberprüfung oder Weiterbildung vorgesehen ist, wie sie für Segelflug- und Motorflugpiloten bereits vorgeschrieben und üblich ist.

#### 4.1.5.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 522

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte gemeinsam mit den massgeblichen Luftfahrtverbänden Massnahmen zur periodischen Befähigungsüberprüfung und Weiterbildung von Ballonpiloten ergreifen.

## 4.2 Sicherheitshinweise

Keine

## 4.3 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

### 4.3.1 Massnahmen des Schweizerischen Ballonverbandes

Am 14. November 2015 veranstaltete der Schweizerische Ballonverband (SBAV) in Lenzburg ein Sicherheitsseminar. Zum vorliegenden schweren Vorfall und zu Luftraumverletzungen im Allgemeinen referierten Verantwortliche des Flugsicherungsunternehmens Skyguide und der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST sowie ein Spezialist für Luftfahrtrecht. Die entsprechenden Schulungsunterlagen wurden auf der Website des Verbandes sbav.ch öffentlich zugänglich gemacht.

### 4.3.2 Massnahmen der Skyguide

- Durchführung von Informationsveranstaltungen mit Schwerpunktthema „Luftraumverletzungen“. Zusätzlich entsprechende Präsentationen an folgenden Anlässen: Flugschulleiterkonferenz des Motorflugverbandes am 7. November 2015 in Olten; Sicherheitsseminar des SBAV am 14. November 2015 in Lenzburg; Segelflugkonferenz am 21. November 2015 in Winterthur.
- Am 30. Juni 2015 wandte sich Skyguide mit der Bitte an das BAZL, die Vereinfachung der TMA Zürich voranzutreiben, Sensibilisierungskampagnen durchzuführen und eine Nachbearbeitung von Luftraumverletzungen im Sinne der „just culture“ vorzunehmen.
- Projektstart zur Einführung eines Warnsystems zur Erkennung von Luftraumverletzungen durch VFR-Flüge (*VFR display priority*), mit voraussichtlicher Umsetzung im April 2017. Eine solche Funktionalität ist aus Sicht von Skyguide eine Voraussetzung für eine *transponder mandatory zone*.
- Sensibilisierung der Flugverkehrsleiter bezüglich der Wahrnehmungsproblematik von Luftraumverletzungen.

### 4.3.3 Massnahmen des Civil Aviation Safety Office

Das *Civil Aviation Safety Office* (CASO) hat beim BAZL nach Freigabe durch das Generalsekretariat des UVEK im Frühling 2016 eine *Safety Program Directive* mit

dem Titel „*Holistic Refurbishment of Swiss Airspace and related Infrastructure*“ eingereicht. Dieses Programm ist nach Angabe des CASO wie vorgesehen angelaufen.

Dieser Schlussbericht wurde von der Kommission der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 10 lit. h der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014).
--

Bern, 12. Januar 2017

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

