



Kollisionserkennung und -vermeidung

Vortrag am Winterabend – 24.11.2023

2023 Andreas Wüst - LSV Worms e.V. 1

Was kann man als Pilot tun,
um während des Fluges
andere Verkehrsteilnehmer
zu sehen und selbst
gesehen zu werden?



- Vortrag-Teil 1: Was ist direkt möglich, ohne Zusatzaufwand → einfach umsetzbar
- Vortrag-Teil 2: Zusatzaufwand (elektronische Helfer)

1: Ausführliche Wiederholung → 2: Erklärung der Grundlagen und Online Demos

Inhalt

- Intro und Motivation
- Teil 1
 - Was kann man als LSV-Pilot direkt tun, um Kollisionsgefahr zu erkennen?
- Teil 2
 - Elektronische Hilfsmittel im Cockpit
 - Transponder 1x1 – Begriffsklärung
 - Stratux
 - SkyEcho 2 / Sentry
 - SafeSky App
- Zusammenfassung und Ausblick (→ Empfehlung!) → Diskussion
- Quellen und Links

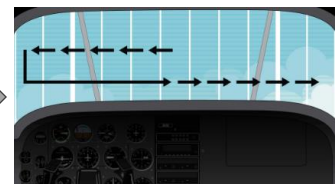


Teil 1 - Kollisionsvermeidung

1. **Luftraumbeobachtung:** „See and Avoid“
 - Rauschauen, aber wie? → Scanning Technik

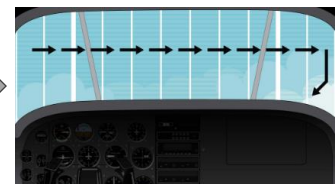


Center to side



← 10° - 15° →

Side to side



Quelle: AOPA
Safety Spotlight

Teil 1 - Kollisionsvermeidung

Quelle: AOPA

1. Luftraumbeobachtung: „See and Avoid“

- Rausschauen, aber wie? → Scanning Technik



2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

5

Teil 1 - Kollisionsvermeidung

Quelle: AOPA

1. Luftraumbeobachtung: „See and Avoid“

- Rausschauen, aber wie? → Scanning Technik



2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

6

Kollisionsvermeidung

1. Luftraumbeobachtung: „See and Avoid“

- Passagiere mit einbeziehen → Passagierbriefing
- Scheibe putzen
 - Mehrere Zwischenlandungen: Wasser und Fensterleder mitnehmen
- Sonnenbrille / Sonnenschutz nicht vergessen
- Sichtfeld freihalten: Kameras, Tablets, etc. ...



Kollisionsvermeidung

1. Luftraumbeobachtung: „See and Avoid“

- Sichtflugbedingungen einhalten! → VFR
- Lufträume, Wolkenabstände

Unkontrollierter Luftraum „G“

Hörbereitschaft: nicht erforderlich
Höchstgeschwindigkeit: 250 kt

Kontrollfreigabe: nicht erforderlich
VMC Minima:
Flugsicht: oberhalb 3000 AMSL oder 1000 AGL: 5 km
 in/unterhalb 3000 AMSL oder 1000 AGL: 1,5 km, falls IAS max. 140 kt
 800 m für Drehflüger
 Erdsicht

Abstand von Wolken:
 oberhalb 3000 AMSL oder 1000 AGL: vertikal 1000 Fuß
 horizontal 1500 m
 in/unterhalb 3000 AMSL oder 1000 AGL: frei von Wolken

Umfang der Dienste: Fluginformationsdienst auf Anforderung
Staffelung: entfällt

**der höhere Wert ist maßgeblich

Kontrollierter Luftraum „E“

Hörbereitschaft: nicht erforderlich
Höchstgeschwindigkeit: 250 kt unterhalb FL 100

Kontrollfreigabe: nicht erforderlich
VMC Minima:
Flugsicht: 8 km in/oberhalb FL 100
 5 km unterhalb FL 100

Abstand von Wolken: vertikal 1000 Fuß
 horizontal 1500 m

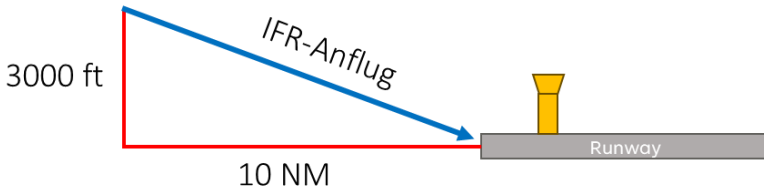
Umfang der Dienste: Verkehrsinformation soweit möglich
Staffelung: entfällt

Quelle: DFS-Broschüre Sicherer Sichtflug

Kollisionsvermeidung

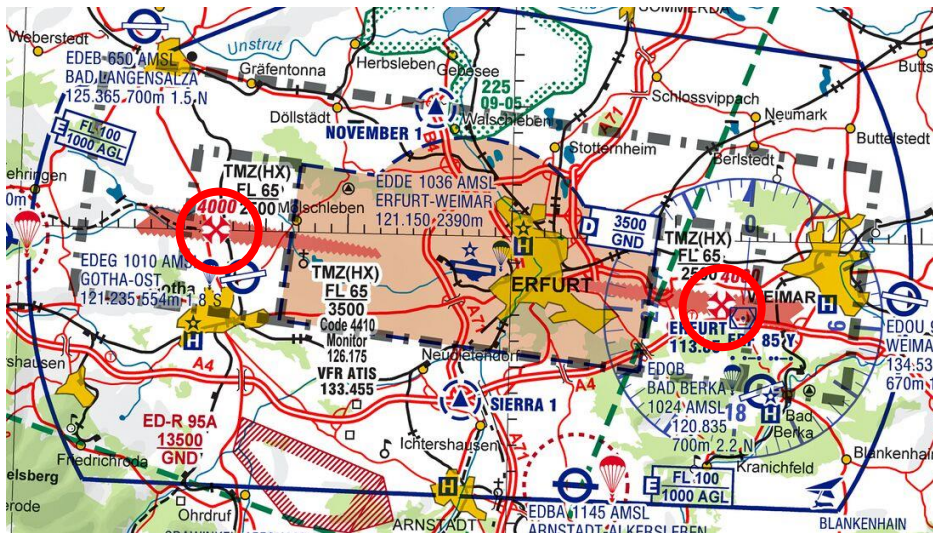
1. Luftraumbeobachtung: „See and Avoid“

- IFR Routen beachten



Tipp: Skydemon Wegpunkte!

ICAO-Karte + IFR Route



Seit 2021:
ausgewählte IFR Routen

Kollisionsvermeidung

2. Transponder und FLARM einschalten!

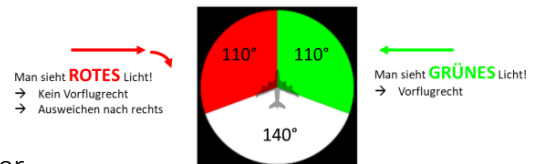
- FLARM → unsere UL und Segelflugzeuge sind alle damit ausgerüstet
- Sofern ein Transponder eingebaut ist besteht Transponderpflicht! → SERA.13001



Kollisionsvermeidung

3. Lichter am Flugzeug einschalten

- Beacon/ACL – Nav-Lights – Landescheinwerfer



Bildquelle: Hatto und Jan

Kollisionsvermeidung

4. FIS nutzen – aber sich nicht darauf verlassen!

- Phrase: „erbitte Verkehrsinformationen, wenn möglich“

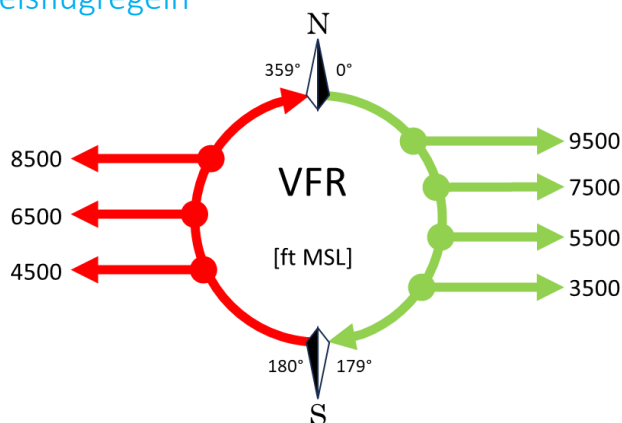
5. Funkdisziplin

- Position korrekt durchgeben – „Hören und gehört werden“
- Flughöhe wird oft vergessen
 - „D-EABC, 5 Meilen im Norden, zur Landung“ – wie hoch?
- Platzrundenposition melden → **hoher Anteil von Kollisionen in Platznähe!**
- Verkehr von Flugplätzen mithören → Monitor Frequenz – ATIS
- „Sterile Cockpit“ → Kommunikation
 - In Flugplatznähe und in der Platzrunde werden im Cockpit nur noch für den Flug wichtige Informationen kommuniziert → Verhinderung von Ablenkungen



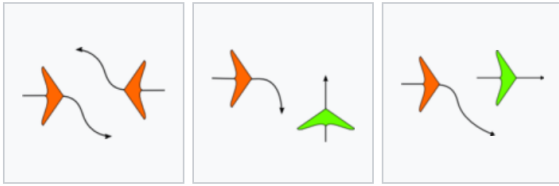
Kollisionsvermeidung

6. Halbkreisflugregeln



Anzuwenden ab 3000 ft AGL

Ausweichregeln 1



Einander entgegenkommende Luftfahrzeuge haben stets nach rechts auszuweichen.

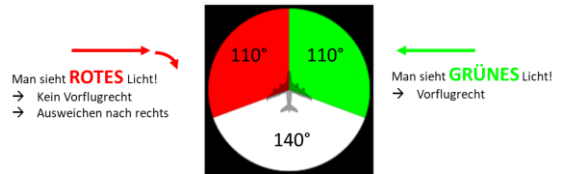
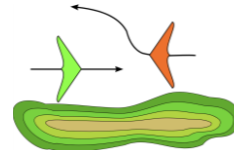
Von links kommende Luftfahrzeuge sind ausweichpflichtig.

Überholende Luftfahrzeuge haben rechts am Überholten vorbeizufliegen.

Wenn man ein Flugzeug vor sich sieht:
IMMER nach rechts ausweichen!

- Entgegenkommend: Glück gehabt!
- In gleiche Richtung: kein Problem!

Ausnahme: Flug am Hang
Maschine mit rechter Fläche am Hang hat Vorrang
Segelflugsport Betriebsordnung in D



Ausweichregeln 2



Quelle: SERA 3210

Zusammenfassung Teil 1

Teil 1: Direkt möglich ohne Zusatzaufwand

1. Luftraumbeobachtung

- Rausschauen, Passagiere, Scheibe, Sonnenschutz, Sichtfeld, Abstandsregeln, IFR Routen

2. Transponder und FLARM einschalten

3. Lichter am Flugzeug einschalten

4. FIS nutzen

- „erbitte Verkehrsinformationen, wenn möglich“

5. Funkdisziplin

- Flughöhe, Position in der Platzrunde, „Hören und gehört werden“, „sterile cockpit“

6. Halbkreisflugregeln

Teil 2 – zusätzliche Möglichkeiten

elektronische Helfer

- Transponder 1x1
- Stratux
- Skyecho2
- SafeSky App

CAUTION!



Transponder 1x1



Radarantennen

Sekundärradar → aktiv, geringe Leistung

- Anfragen (Calls) → Reaktion, Antwort
- Einzelne Radarquellen abrufbar
- Transponder im Flugzeug sendet Information zurück

Transpondermodes

- Mode A – nur Squawk
 - 4 Ziffern: 0000 – 7777 → Oktalsystem
 - $8^4 = 4096$ Codes möglich
- Mode C – Squawk + barometrische Höhe (FL)
- Mode S → in D gesetzlich vorgeschrieben!



Primärradar → passiv, hohe Leistung, Radarecho wird empfangen

Transponder 1x1

Mode S

[Link](#)

- 24 bit Kennung (ICAO-Adresse), eindeutig für jeden Transponder (Flugzeug)
- Flugzeugkennung, Geschwindigkeit(en), weitere Informationen
- S – Selektiv → auf direkte Anfrage. Außerdem alle 0,5 sec.
- Verschiedene Erweiterungen
 - Extended Surveillance (Überwachung), Enhanced Surveillance
- Wichtigste Erweiterung:
 - Extended Squitter (ES) Datalink → **GPS-Position wird übertragen**
 - → **ADS-B – Signal, Frequenz, Modulation, Bandbreite, Nachrichtenlänge**

Bei Mode S ohne GPS-Koordinaten erfolgt die Positionsbestimmung über **Multilateration**, also die Auswertung der Laufzeitunterschiede verschiedener Sekundärradar Stationen.

LSV Worms:

D-EGBW	3D14B0
D-EWPA	3D4046
D-EIHI	3D1A86
D-EQCC	3D2F1E
D-ERWO	3D33D6
D-MLSH	3FEBA0
D-MWOS	3FF380

Transponder 1x1

ADS-B

- A – Automatic ohne Zutun des Piloten
- D – Dependent ist auf angeschlossene Sensorsignale angewiesen
- S – Surveillance Überwachung (des Luftverkehrs)
- B – Broadcast Aussendung an alle Stationen (Boden/Luft)

- ADS-B
- ADS-B in – nur Empfang
 - ADS-B out – Sendefunktion → In D nicht ohne Zertifizierung erlaubt!

- ADS-B
- Pflicht in USA für die GA seit 2020 (ADSB-Out) – Class A,B,C
 - In Europa Pflicht nur für MTOW > 5,7t

Viele Mode S-Transponder sind ADS-B-Signalfähig, d.h.es kann ein GPS Sensor angeschlossen und übertragen werden!

Stratux



- Selbstbaugerät (ohne Löten! – 15 Min.)
- Kosten ca. 250-300 €
- Basis:
 - Software: OpenSource Stratux-Projekt
 - Hardware: Rasperry Pi Einplatinencomputer
- **ADSB-In & FLARM-In** → 2 Antennen
- Nur Empfang! – keine Out-Funktion
- 5V-Stromversorgung – ca. 0,8-1,2A
- Darstellung des Flugverkehrs
 - WLAN → Browser - graphische Oberfläche
 - Navigations-Apps (Skydemon, Foreflight etc.)
 - **Kollisionswarnung!**

WLAN → stratux_wue , IP 192.168.10.1
<http://192.168.10.1>

Stratux - Aufbau



Raspberry Pi® 3 B+

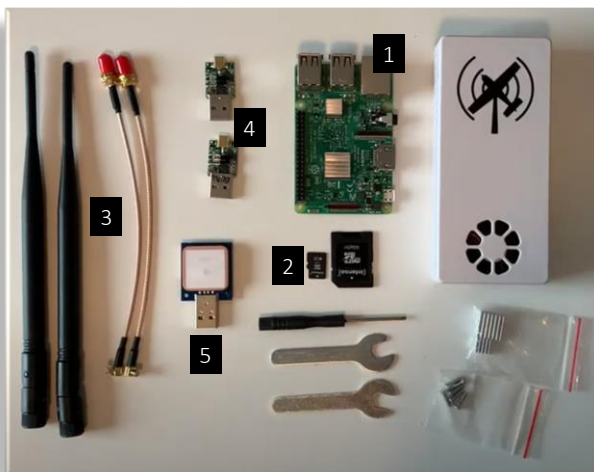


2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

23

Stratux - Aufbau



1. Raspberry Pi 3B+ (incl. WLAN)
2. Micro SD-Karte
3. 2 Antennen mit Anschlusskabel
4. 2 Digitale Radios
5. GPS Modul SR01

- Lüfter (nicht gezeigt)
- Stromversorgung
 - Handladergerät (230V/12V), Powerbank

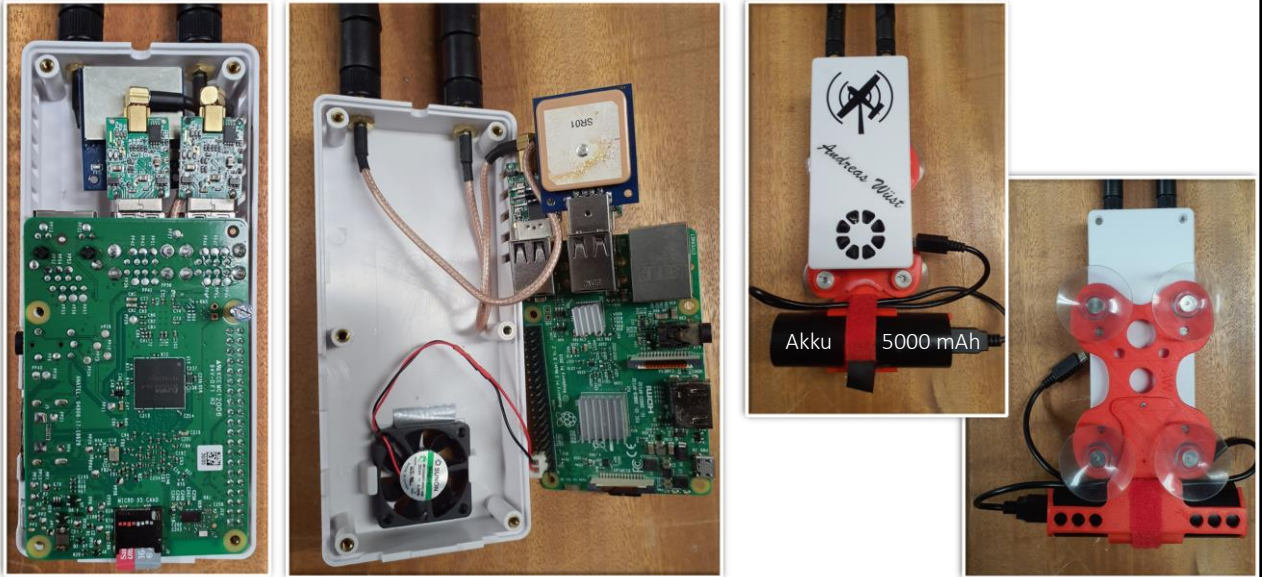
Sehr viele Bauanleitungen/Stücklisten im Internet frei verfügbar.
Tipp: YT-Kanal „Delta Mike Heavy → mehrere Videos! → Links

2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

24

(Mein) Stratux – Aufbau



2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

25

Stratux – Funktion

Kopplung mit Nav-App



WiFi – Hotspot: *stratux*



- **Tablet einschalten** und mit WiFi *stratux* verbinden
- Verwendetes Datenprotokoll des Stratux: GDL90



- **Nav-App starten**
- **Flugmodus einschalten**
- **GDL90 compatible Device auswählen**

FERTIG!

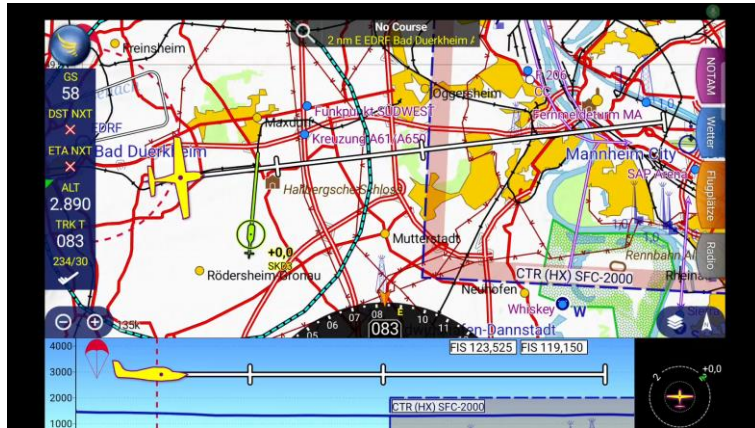
2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

26

Kollisionswarnung - Simulationsmodus

Video → mit Sprachausgabe



2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

27

Stratux

- Updates: Neue Software aus dem Internet laden, SD Karte flashen - fertig
- Vortrag: Browseransicht zeigen → Vorschlag: später
- Vortrag: Skydemon verbinden → Vorschlag: später

2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

28

Skyecho2



- Hersteller uAvionix (US-Firma)
- Flarm In → Kostenpflichtige Lizenz 36 €/Jahr bei Skydemon
- ADS-B In & Out
- ADS-B Out-muss für die Verwendung in D deaktiviert werden!
- Kosten ca. 800 €
- In UK sehr verbreitet (ADS-B Out)

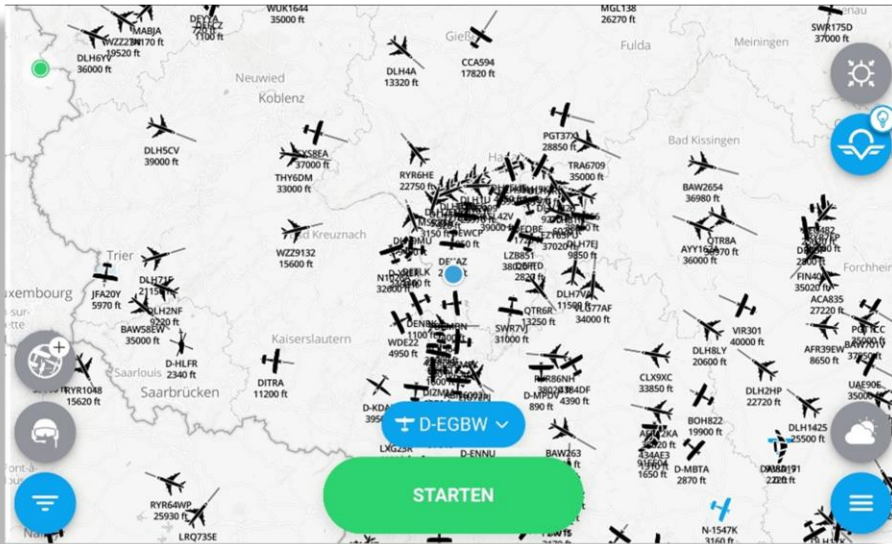
Sentry / Sentry Plus (für Foreflight)



- Hersteller Foreflight/uAvionix
- Nur mit Foreflight nutzbar
- Kein FLARM in Standardversion
- ADS-B In
- Kosten ca. 600\$ / 800\$ Plus-Version
- In USA zusätzliche Features
- CO – Detektor eingebaut
- AHRS (Backup Altitude)
Attitude Heading Reference System
- Plus Version: g-Meter und FLARM

SafeSky App (Android und iOS)

[Bericht auf der Homepage](#)



2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

31

SafeSky App (Android und iOS)

- Bisher: ADS-B / Mode S basierte Informationen
- SafeSky geht anderen Weg → GSM Netz (Mobilfunknetz)
- Darstellung des Flugverkehrs
 - Smartphone-Oberfläche
 - Kopplung mit Nav Apps (Skydemon, Foreflight,...)
- Vergleich zu Stratux/Skyecho!
 - Funktionalität gleich, jedoch Quellen anders
- Nur Verkehrsdarstellung isoliert → kostenlos
- SafeSky Nutzung mit Nav-Apps → 35€/Jahr



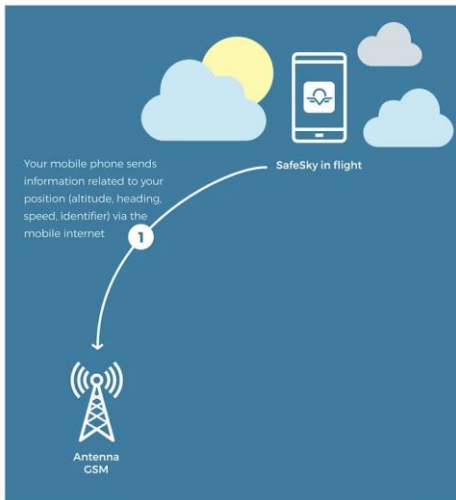
2023

Andreas Wüst - LSV Worms e.V.

32

SafeSky App

Funktionsweise

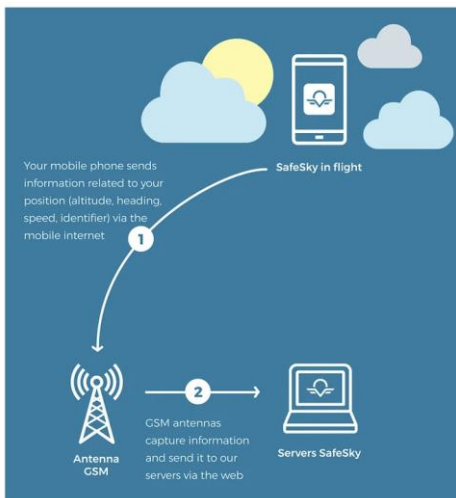


SafeSky während des Fluges

1. Senden der eigenen Position via Mobilfunknetz GSM

SafeSky App

Funktionsweise

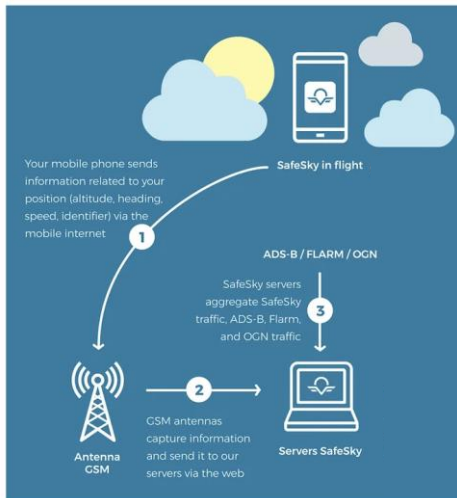


SafeSky während des Fluges

1. Senden der eigenen Position via Mobilfunknetz GSM
2. Ziel im Web: SafeSky Server

SafeSky App

Funktionsweise

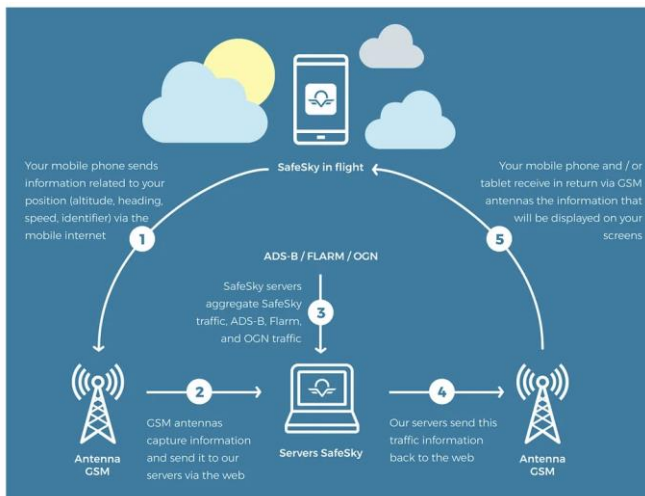


SafeSky während des Fluges

1. Senden der eigenen Position via Mobilfunknetz GSM
2. Ziel im Web: SafeSky Server
3. Zusätzliche Quellen: ADS-B FLARM OGN u.v.m.

SafeSky App

Funktionsweise



SafeSky während des Fluges

1. Senden der eigenen Position via Mobilfunknetz GSM
2. Ziel im Web: SafeSky Server
3. Zusätzliche Quellen: ADS-BFLARM OGN u.v.m.
4. Server senden Verkehrsinformation zurück ins Web
5. Smartphone empfängt alle Infos in der Luft via GSM

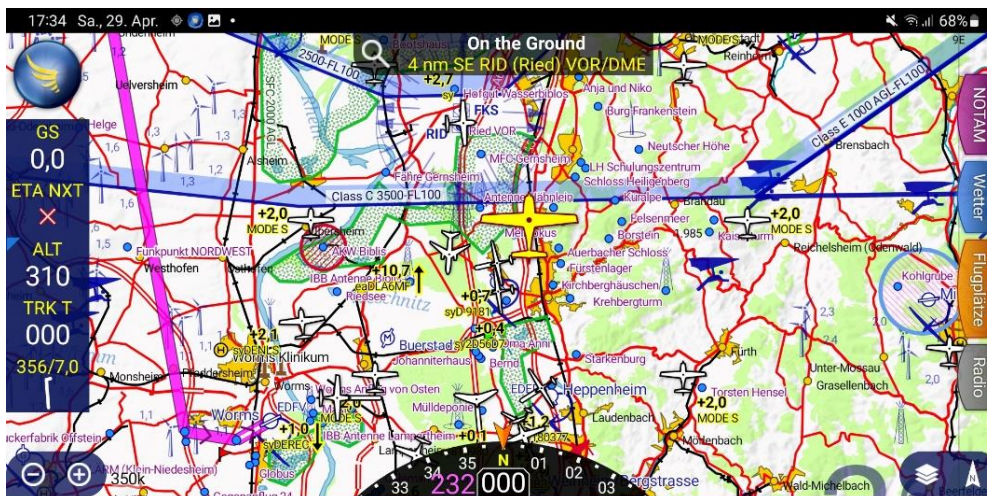
SafeSky App - weitere Infos

- Startet man bei SafeSky einen Flug, erhält man nicht nur Daten, sondern teilt diese auch! → **echte Info-out-Funktion**
- SafeSky funktioniert nur mit Internet-Zugang während des Flugs
 - Hersteller sagt: „bis 5000 ft AGL kein Problem!“
 - Satellitenbasierte Links (Starlink), U-Space – ADS-L werden kommen

Weitere Fakten

- SafeSky kann auch ohne NAV App Verkehrsinfos liefern → kostenlos
- SafeSky und Nav App können auf einem Gerät betrieben werden
 - Stratux kann dann zusätzlich mit eingebunden werden
- SafeSky und die NAV App können auch auf zwei Geräten laufen
 - Dann ist keine Stratux Einbindung möglich

SafeSky - Screenshots



sy von SafeSky



ea von Stratux

SafeSky und Skydemon auf einem Gerät, zusätzlich Stratux

SafeSky - Screenshots



SafeSky und Skydemon auf einem Gerät

Shared Screen Mode
→ Android Funktion

Funktioniert mit und ohne Nav App Kopplung

Online Demos im Vortrag

1. Stratux alleine (Radardarstellung im Browserfenster) & Konfiguration
2. Skydemon mit Stratux
3. SafeSky App alleine
4. Skydemon mit SafeSky App
5. Skydemon mit SafeSky App und Stratux
6. You name it!



Zusammenfassung Ausblick

Vortrag am Winterabend – 24.11.2023

2023 Andreas Wüst - LSV Worms e.V. 41

Zusammenfassung und Ausblick

- Auch ohne Zusatz-Technologie kann man bereits sehr viel tun, um das Risiko einer Kollision zu vermindern!
- Die vorhandenen Mittel wie Stratux, Skyecho2 und SafeSky erlauben ein besseres Sehen anderer Verkehrsteilnehmer
- Zusätzliche Geräte sind immer nur so gut wie die Person, die sie benutzt! Beherrscht man sie nicht, sind sie kontraproduktiv!
- In der Zukunft wird das Mobilfunknetz eine immer größere Rolle spielen (Star-Link, U-Space, ADS-L)
- Zur Verbesserung der Allgemeinsituation sollte jeder anstreben nicht nur andere zu erkennen (In-Funktion), sondern auch andere über seine Position zu informieren (Out-Funktion)!
- Der LSV sollte sich aktiv überlegen, wie er hier sinnvoll dazu beitragen kann

Quellen und Links 1(2)

- DAeC – Sense and Avoid
 - https://www.daec.de/media/files/2023/Fachbereiche/Luftraum_und_Flugbetrieb/DAeC_Sense_and_Avoid.pdf
- AOPA Safety Spotlights
 - <https://www.aopa.org/training-and-safety/online-learning/safety-spotlights/collision-avoidance/the-scan>
- <https://www.fliegermagazin.de/wissen/transponder-einschalten/>
- Stratux Montage: https://youtu.be/lBmHEnNQ0kQ?si=qsVDEUxS8dk_olBc
- [Stratux Komponentenliste](#)
- Stratux: [YT Kanal Delta Mike Heavy – Erklärvideos Teil 1](#)
- Broschüre Sicherer Sichtflug <https://dfs.de/homepage/de/medien/publikationen/>
- DFS [Downloads](#)
- [Studie AIPROX 2017 BFU](#)
- [Skydemon conspicuity Paper](#)
- [ADS-B Erklärung – YT Kanal Delta Mike Heavy](#)

Quellen und Links 2(2)

- [SafeSky auf der LSV Homepage](#)
- [Stratux auf der LSV Homepage](#)
- [AOPA Safety Spotlight Collision Avoidance](#)
- [Friebe Aero Kollisionswarner](#)
- Skyecho – Betrieb in Deutschland - [Diskussion im UL-Forum](#)
- [Free Flight Systems Acionics: ADS-B \(in USA\)](#)
- [Air Avionics – Kollisionswarner aus Deutschland](#)
- [Fliegermagazin Podcast Oktober 2023 von der Aero 2023 über Kollisionswarner](#)
- [Fliegermagazin – Portable Kollisionswarner im Test](#)
- [AOPA Safety Letter 51 – Elektronische Kollisionsvermeidung](#)
- Zur Transponderpflicht: <https://air-law.de/fliegermagazin-02-19-transponder-anschalten-ist-pflicht/>
- Wikipedia ADS-B: https://de.wikipedia.org/wiki/Automatic_Dependent_Surveillance#Technik



Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!

**Kollisionserkennung
und -vermeidung**

Vortrag am Winterabend – 24.11.2023

2023 Andreas Wüst - LSV Worms e.V. 45