

KOLLISIONSWARNSYSTEM

FLARM: Ein ADS-B für Segelflugzeuge

Die Idee von ADS-B ist schon genial: die eigene Position (Länge, Breite, Höhe) per Rundfunk verbreiten, dann hat jeder in der Umgebung ein klares Luftlagebild und kann aktiv gefährliche Begegnungen vermeiden.

In der Schweiz haben Andrea Schlapbach und Urs Rothacher mit der Fachhochschule Oensingen ein Kollisionswarnsystem nach der Idee von ADS-B entwickelt, das speziell auf die Betriebsbesonderheiten des Segelflugs zugeschnitten wurde: das FLARM. Zielvorgabe für FLARM war: Mit dem System ausgestattete Flugzeuge warnen ihre Piloten optisch und akustisch, wenn sich ihre Flugzeuge auf Kollisionskurs befinden. Hinzu kommt, dass dank einer großen Datenbank (für den Alpenbereich 26 000 Hindernisse) FLARM den Piloten bei gefährlichen Annäherungen

an Luftfahrthindernisse wie Seile von Seilbahnen, Antennen, Überlandleitungen warnt.

In der Schweiz wurden im vergangenen Sommer, so Andrea Schlapbach, 480 Segelflugzeuge mit FLARM ausgerüstet, was bedeutet, dass dort inzwischen jedes zweite Segelflugzeug mit FLARM fliegt. Das System wird dort als sehr gut beurteilt. Mit seinen kleinen Abmessungen (25 x 75 x 118 mm), geringem Gewicht (130 g) und mäßiger Stromaufnahme (52 mA bis 100 mA bei 12 V) passt es gut auf den Instrumentenpult und ins Bordnetz. Und es lenkt dank einfacher

LED-Technik für die optische Warnung nicht zusätzlich ab.

Kern von FLARM ist ein 16-Kanal-GPS, mit dem permanent (Zeitabstände kürzer als eine Sekunde) die Position ermittelt wird. Darauf aufbauend prognostiziert FLARM abhängig von der Flugbahn (Geradeausflug, Kurvenflug) die innerhalb der nächsten 30 Sekunden erreichte Position. Aktuelle Position und prognostizierte werden einmal pro Sekunde über Funk ausgestrahlt. FLARM nutzt dazu das SRD-Band (868,0 bis 868,6 MHz), das in vielen Ländern frei genutzt werden kann – meist für Garagentoröffner, Brandmelder, etc.. Eingeschränkt ist die Nutzung auf geringe Sendeleistungen (10 mW bei einem Prozent der Zeit), was FLARM eine Reichweite von eineinhalb bis zwei Kilometer verschafft.

Kein gleichzeitiges Senden und Empfangen

Gesendet wird einmal pro Sekunde. In der übrigen Zeit steht das SRD-Funkgerät im FLARM auf Empfang und kann die Sendungen anderer FLARM-Geräte aufnehmen und die Informationen auf mögliche Konfliktsituationen checken.

Euphorisch ausgedrückt klingt dies, als würde „gleichzeitig“ gesendet und empfangen, womit das System blitzschnell und absolut sicher wäre. So falsch steht es leider auch in der Gerätebeschreibung des Herstellers.

Verschiedene FLARM-Geräte können natürlich gleichzeitig senden, nur ist das eher ein Betriebsunfall, mindestens zwei potenzielle Kollisionspartner blocken sich dann aus.

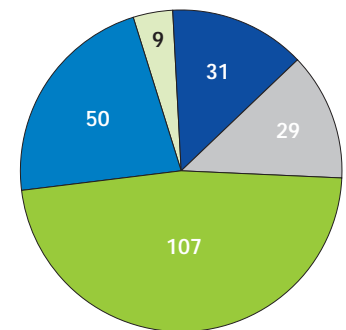
Es stellt sich deshalb die Frage, über welche Distanzen und letztlich in welchem Umfang sich FLARM-Geräte durch gleichzeitiges Senden stören beziehungsweise von anderen Nutzern des SRD-Bandes gestört werden können. Leider lieferten die FLARM-Anbieter trotz mehrfacher Rückfragen der *aerokurier*-Redaktion nachvollziehbare Kapazitätsabschätzungen nicht bis Redaktionsschluss.

Deshalb warfen wir einen Blick auf ein in der Luftfahrt bereits eingeführtes ADS-B im vergleichbaren VHF Digital Link (VDL) Mode 4. Dort sind solche Kapazitätsabschätzungen offengelegt. In dem in VDL Mode 4 genutzten Kanalzugriffsverfahren (STDMA – Self Organizing Time Division Multiple Access) wird jede Minute in 4500 Zeit-



FLARM passt aufs Instrumentenbrett und liegt im Blickfeld. Die GPS-Antenne hat einen eigenen Platz.

Verteilung der Zusammenstöße und gefährlichen Begegnungen 1980 – 2002



- Sonstige
- Platzverkehr
- Reiseflug
- Boden
- Thermik

Quelle: BEKLAS

DIE BEKLAS Untersuchung hat Zusammenstöße und gefährliche Begegnungen mit deutschen Luftfahrzeugen analysiert.

schlitze (75 je Sekunde) zerlegt. Innerhalb solch eines Zeitschlitzes (13 ms) werden Adresse, Position und Zeit der nächsten Sendung (Reservierungsmeldung) übertragen. So kann jedes Teilnehmersystem eine Reservierungstabelle anlegen. Dank der Tabelle erfolgen alle Übertragungen mit Ausnahme der ersten Übertragung eines Teilnehmers in reservierten Zeitschlitzten.

Mit Reservierungstabelle kann es aber auch zu weiteren Störungen kommen. So beträgt im Modulationsverfahren von VDL Mode 4 die Störreichweite, innerhalb der bei gleichzeitigem Senden die Signale nicht ausgewertet werden können, rund das Vierfache der Distanz zum nächsten, in Empfangsreichweite befindlichen Teilnehmer. Je größer also die Distanz der Teilnehmer innerhalb der Empfangsreichweite wird, umso größer wird auch der Störbereich (bis zum Vierfachen der Empfangsreichweite). Die Kapazitätsabschätzung in VDL Mode 4 weist deshalb einen sicheren Betrieb nur für das erste Viertel der Empfangsreichweite aus. Wenn dies auf FLARM übertragbar ist, ergäbe das für FLARM abseits der Störungen durch andere Frequenznutzer eine sichere Be-

info Verkaufsaktion

Bis zum Frühjahr will FLARM Technology (Sonneggstraße 64, CH-8006 Zürich, www.flarm.com) ein größeres Los FLARM-Geräte fertigen lassen. Gebaut wird nach Auftragslage. Dank einer Unterstützung durch den Förderverein Rettungssysteme, er stiftet 4500 Euro, bietet FLARM

Technology das Gerät in Deutschland deutlich billiger an. Bestellschluss für FLARM im Rahmen dieser Aktion ist der 13. Dezember. Bis dahin gibt es FLARM für 480 Euro, zusätzlich werden Mengenrabatte, zehn Prozent ab sechs Stück, 15 Prozent ab zehn Stück, gewährt. Gleichzeitig will FLARM

Technology mit der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post eine Vereinbarung erzielen, mit der die Nutzung der SRD-Frequenz für FLARM in Luftfahrzeugen abgesichert wird. Kaufverträge werden erst wirksam, wenn diese Vereinbarung erzielt wurde.

triebsreichweite (Empfangswahrscheinlichkeit von 99 Prozent) von 400 bis 500 Metern, was bewegliche Kollisionspartner betrifft.

Sichere Warnung nur bei wenig Verkehr

Bei FLARM stehen 200 Zeitschlitzte (5 ms) pro Sekunde zur Verfügung. Die Stördistanz gibt FLARM Technology mit dem Doppelten der Distanz zwischen zwei FLARM-Geräten innerhalb der 2-km-Empfangsreichweite an. Entsprechend kleiner ist die effektive Empfangsreichweite. Die Gesamtleistung des Systems will FLARM Technology durch eine spezielle Auswertung stei-

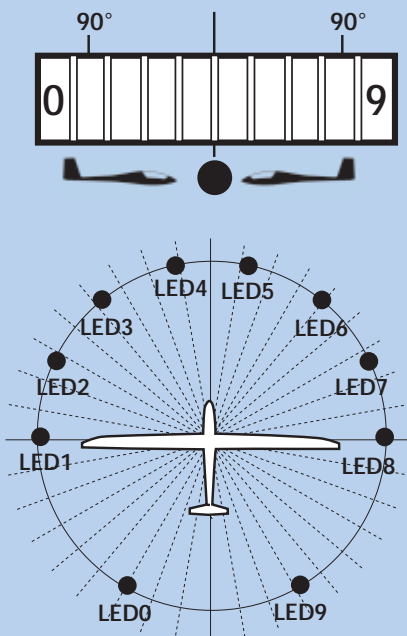
gern: Falls durch eine Störung einzelne Meldungen nicht verständlich sind, was aufgrund der umfangreichen Fehlererkennung eindeutig festzustellen sei, könne aufgrund der vorangehenden, eine Sekunde alten Meldung der Meldeinhalt wieder hergestellt werden. Dies sei möglich, weil die Meldungen eine Senderkennung enthalten.

Je geringer die Verkehrsdichte – die Ausrüstung mit FLARM vorausgesetzt –, desto höher die Betriebssicherheit. Das macht auch die Beispielvideos des FLARM-Herstellers so eindrucksvoll: Im schnellen Hangflug entlang des Parcours in Südfrankreich warnt FLARM rechtzeitig vor dem Gegenverkehr.


Viel Zeit bleibt nicht, wenn sich zwei Flugzeuge mit rund 180 km/h auf Gegenkurs begegnen. 800 Meter sind bis zur Begegnung in acht Sekunden durchflogen, 400 Meter in vier Sekunden. Wer sich auf diese Distanz erst erkannt hat, der hat fast keine Zeit mehr für ein normales Ausweichmanöver.

Die Besonderheiten des Segelflugbetriebs mit Gleit- und Kreisflug, Hangachten, usw. berücksichtigt FLARM als erstes Kollisionswarnsystem überhaupt. Abhängig von der aktuellen Flugphase verwendet FLARM unterschiedliche Prognoseverfahren, Bewegungsmodelle und Warnberechnungen. So ist die Empfindlichkeit beim Kreisen

FLARM n So funktioniert die optische Warnung



DIE FLARM-WARNANZEIGE beschränkt sich auf 10 LEDs. Sie sind entsprechend der Kompassrose (links unten) möglichen Kollisionspartnern zugeordnet. Mit wachsender Gefahr beginnen auch die benachbarten LEDs zu leuchten. Eine direkte Richtungsanzeige liefert die Zusatzanzeige. Grafik rechts: Unterschiedliche Konfliktbeherrschung von Mensch und FLARM.



FLARM und Mensch im Vergleich

Konfliktsituation	Mensch	FLARM
↑ Frontal im Geradeausflug	+	++
↑ flach im Geradeausflug	-	++
↑ ↻ frontal in Kreis gegenläufig	+ --	++ +
↑ ↻ kreisend	-	+
↑ ↻ zusammen kreisend	+	-

Fotos: Ruedi Brunner, Holger Weitzel

deutlich reduziert (ansonsten käme es in einem Pulk zur Dauerwarnung). Die Modelle und Verfahren, schränken die Entwickler ein, wurden optimiert, stellen aber immer einen Kompromiss dar.

So berechnet FLARM den eigenen Flugweg bis zu 30 Sekunden voraus. Die Prognose basiert auf unmittelbar vergangenen und aktuellen Positions- und Bewegungsdaten sowie einem Bewegungsmodell, das für den jeweiligen Anwender optimiert wird. Die Prognose ist natürlich mit Unsicherheiten behaftet, die ihrerseits mit der Vorhersagezeit zunimmt.

Die Software wird ständig weiter entwickelt. Updates werden über das Internet zur Verfügung gestellt, so dass der Nutzer sein

Gerät selbst auf den jeweils aktuellen Stand bringen kann.

FLARM warnt selektiv. Da nicht zwei Gefahren gleichzeitig angezeigt werden können, wird vor der zeitnächsten Gefahr gewarnt. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass ein anderer Kollisionspartner räumlich näher sein kann. Die Selektion macht keinen Unterschied zwischen beweglichen und festen Objekten.

Ausweichempfehlungen gibt FLARM nicht. Bei einem beweglichen Kollisionspartner erfolgt die Warnung mit einer ungefähren Richtungsangabe (Abb. 1), bei festen Objekten erfolgt keine Richtungsangabe. Der Grad der Gefährdung wird mit einer wachsenden Zahl von leuchtenden LEDs deutlich gemacht. Diese sehr schlichte Darstellung

kann jetzt mit einem kleinen Rundinstrument unterstützt werden, mit dem die Richtung klar angezeigt wird, aus der die Gefährdung kommt. Vorteil der minimalisierten Anzeige ist, dass der Pilot so gut wie nicht abgelenkt wird. Mit dem Einsetzen der optischen und akustischen Warnung (Piepsen) kann gezielt Ausschau gehalten werden.

Kollisionspartner in PocketStrePla

Inzwischen sind auch alle Anbieter von Luftraumdarstellungen auf PDAs (WinPilot, PocketStrePla, SeeYou mobile) und in integrierten Systemen (SDI/Zander, etc.) dabei, die FLARM-Informationen zu übernehmen. Kollisionspartner können dann

in diesen Systemen als Flugzeugsymbol dargestellt werden.

FLARM, versprechen die Entwickler, soll ein offenes System sein, so dass auch andere Hersteller kompatible Geräte entwickeln können. Sie erwarten sich von diesem Zugeständnis eine Empfehlung der internationalen Segelflugkommission. Vielleicht könnte es so einmal zum Standard erklärt werden. Es ist deshalb zu erwarten, dass Logger-Hersteller ihre Flugschreiber entsprechend ausbauen.

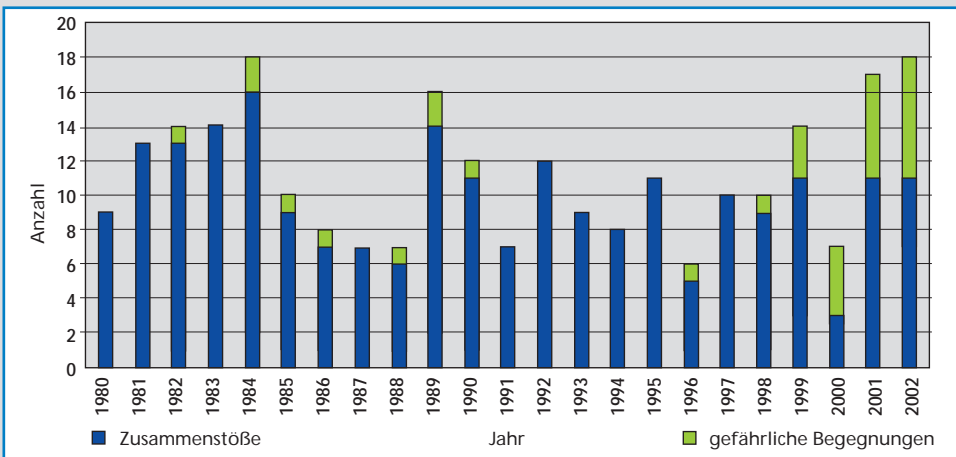
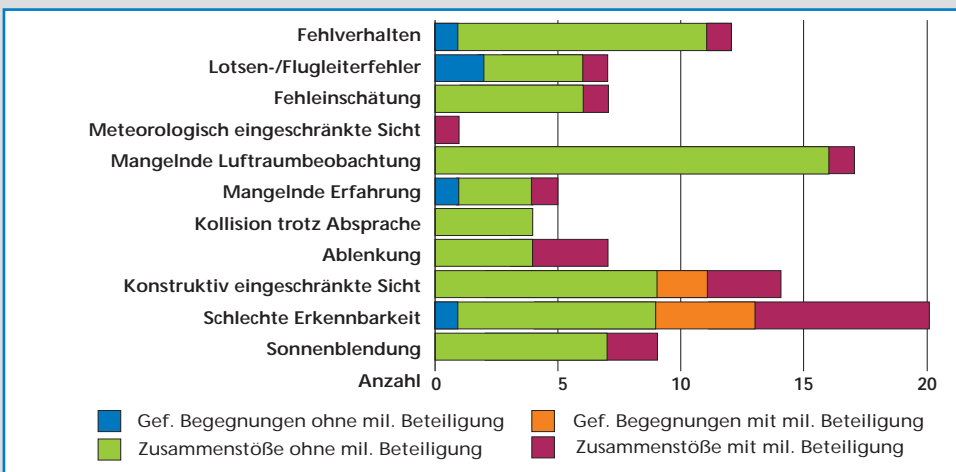
FLARM ist schon heute ein Gerät, mit dem sich die Sicherheit steigern lässt, eine Unterstützung zum Prinzip Sehen und Gesehenwerden. Die gewonnene zusätzliche Sicherheit wächst mit dem Ausrüstungsgrad. Für Flugzeuge, die sich im Alpenraum bewegen, wenn auch nur zu Urlaubszeiten, ergibt die Einrüstung schon heute Sinn. Die Schweiz weist bereits einen hohen und noch weiter steigenden Ausrüstungsgrad auf, in Österreich besteht ebenfalls ein großes Interesse. Und unter dem Aspekt, dass in Frühjahr und Sommer in Südfrankreich mehr D-registrierte Segelflugzeuge fliegen als französische, erscheint auch hier der FLARM-Einsatz sinnvoll.

Ob die Investition in FLARM sich lohnt, ob heute schon oder später, muss natürlich jeder Flugzeughalter für sich entscheiden. Besonders schwierig wird dieses Kalkül für Deutschland mit mehr als 7000 Segelflugzeugen, für die zu erwarten ist, dass im nächsten Jahr vielleicht 100 bis 200 ausgerüstet werden.

Der Nutzen wächst mit der Verbreitung, und zwar über den Segelflughbereich hinaus. Segelflugzeuge kollidieren nicht nur mit Segelflugzeugen. Die Statistik für Deutschland weist daneben Motorflugzeuge, militärische Strahlflugzeuge, Hängegleiter und Modellflugzeuge aus. Sie müssten in die Verbreitung von FLARM einbezogen werden, damit das System effektiv wird. Im Motorflug werden aber zunehmend konkurrierende Systeme eingesetzt, die als Transponderschnüffler arbeiten und nicht mit FLARM kommunizieren.

Gerhard Marzinzik

n Kollisionsrisiko in der Statistik



EINEN ÜBERBLICK über das Sicherheitsrisiko Kollision hat die Untersuchung „Bessere Erkennbarkeit kleiner Luftfahrzeuge als Schutz vor Kollisionen“ (BEKLAS) mit einer Analyse der Vorfälle mit deutschen Flugzeugen geliefert. Die Kollisionen endeten meist tödlich.