

Kollisionsvermeidung

Sense and Avoid in Europa

-ADS-B in der Allgemeinen Luftfahrt-



ADS-B



DEUTSCHER
AERO CLUB

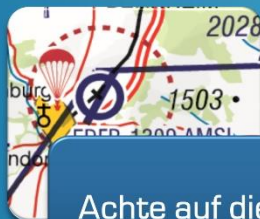
Sprungzone aktiv?



Fliege nie durch aktive
oder Status unbekannte
Sprungzonen!



Flugvorbereitung!
Check NOTAMs



Achte auf die
Symbole in der
ICAO Karte



Nutze FIS
oder die INFO
Frequenzen
der Flugplätze



Achte auf
anderen
Flugverkehr

Kollisionsvermeidung der Zukunft – Sense and Avoid in Europa

Der freie und sichere Zugang zum Luftraum ist ein hohes Gut. Dass Freiheit und Sicherheit in einer immer turbulenteren Welt nicht einfach unter einen Hut zu bringen sind, hören wir jeden Tag in den Nachrichten. Doch nicht nur am Boden, sondern vor allem darüber, sind diese zwei Attribute seit jeher mit der Luftfahrt verbunden. Es gibt wohl kaum eine andere Branche, die es schon seit Jahrzehnten vollbringt, sich selbst beinahe global gültige Standards zu schaffen und das Flugzeug zu einem der sichersten Verkehrsmittel zu entwickeln.

Die Luftfahrt hat sich damit schon, trotz aller technischer und organisatorischer Komplexität, in Rekordzeit zu einem Meisterstück der Menschheitsgeschichte gemacht. Luftfahrt verbindet Menschen und Länder und setzt dabei auch noch technologische Maßstäbe. Bei genau diesen Maßstäben drohen wir in der Allgemeinen Luftfahrt in Europa jedoch zu verlangsamen und uns in einem Labyrinth von technischen Möglichkeiten zu verlaufen.

Die EASA bringt es in ihren Unfallstatistiken ungeschönt auf den Punkt. In den letzten zehn Jahren (2009-2019) ereigneten sich im EASA-Gebiet 61 tödliche Zusammenstöße in der Luft, bei denen 144 Menschen ihr Leben verloren haben. Die Anzahl an Schwer- und Leichtverletzten wird statistisch nicht genau erfasst. In jedem Fall sind das 144 Menschen zu viel, die in der Luft ihr Leben gelassen haben.

Diese Ereignisse sind alle mit dem Luftsport und der Allgemeinen Luftfahrt verbunden. Die meisten der Einzelereignisse erforderten 1-2 Todesopfer, das größte Einzelereignis ereignete sich in Deutschland mit einer MAC (Mid-Air Collision) zwischen einer PA32 und einer DR400 mit 8 Todesopfern. Zu den fatalen Unfällen kommt noch eine unbekannte, da nicht bedingungslos meldepflichtige, Zahl an den sogenannten AIRPROX (Beinahe-Zusammenstöße) hinzu.

Simpel betrachtet passieren diese Unfälle alle in Zeiten, in denen wir unsere Haustiere per GPS-Halsband tracken können oder uns das Höhenprofil und die Strecke unserer letzten Jogging-Einheit auf dem neuen Smartphone anschauen.

Es muss uns auch in der Allgemeinen Luftfahrt jetzt endlich gelingen, mit modernen Technologien Zusammenstöße in der Luft zu vermeiden. Dabei mangelt es, schaut man sich auf dem Avionikmarkt um, doch augenscheinlich gar nicht an Lösungsmöglichkeiten, an denen wir uns bedienen können. Diese Ereignisse könnten durch ein multimodulares System, in dem alle Verkehrsinformationen ausgetauscht werden, schon heute reduziert werden.

Bisher jedoch steht ein solche Technik in Europa nicht zur Verfügung. Vielmehr existieren nur einige bekannte Insellösungen für einzelne Kategorien von Luftfahrzeugen oder geschlossene Systeme wie bspw. TCAS, FLARM oder Pilot Aware. In den USA ist mit der verpflichtenden Ausstattung von Luftfahrzeugen mit ADS-B Geräten seit diesem Jahr ein wichtiger Schritt getan worden. In Europa gilt eine ADS-B Pflicht ab 7. Dezember 2020 für große Luftfahrzeuge ab 5,7 Tonnen Abfluggewicht oder mehr als 250 KTAS im Reiseflug.

Damit ist die Großluftfahrt vor Kollisionen untereinander gut geschützt - der Luftsport ist dabei nicht berücksichtigt. Natürlich kann man nicht jedes System, das aus den USA kommt, 1:1 auch in Europa übernehmen, da die Begleitumstände oft andere sind. Man kann diese Systeme und Ideen dennoch adaptieren und hier bei uns standardisiert nutzbar machen.

Selbstverständlich sollte neue Technik immer mit Bedacht eingeführt werden und der Nutzen im Flugzeug auch garantiert sein, ohne gleich wieder neue Ausrüstungsverpflichtungen zu schaffen.

Auch die zu erwartende Integration von Drohnen in den Mischflugverkehr im Unteren Luftraum kann nur gelingen, wenn die elektronische Sichtbarkeit jedes relevanten Luftverkehrsteilnehmers für jeden anderen zu jedem Zeitpunkt gegeben ist. Diese zwingende Erkenntnis lässt eine erhöhte Dringlichkeit in der Entwicklung eines europaweit

einheitlichen Standards für Kollisionsvermeidungssysteme entstehen, der vom Airbus A380 bis zur 500-g-Drohne genutzt werden kann. Dabei sind solche Überlegungen nicht neu.

Bereits 2004 hat die vom damaligen Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen beauftragte Studie BEKLAS (Bessere Erkennbarkeit kleiner Luftfahrzeuge als Schutz vor Kollisionen) auf Technologien zur Kollisionsvermeidung verwiesen und die flächendeckende Ausrüstung von Flugzeugen gefordert. Dies geschah im Einklang mit der medizinischen Feststellung, dass der Grundsatz der Kollisionsvermeidung im Sichtflug "Sehen und gesehen werden" die Leistungsfähigkeit des menschlichen Auges bis an die Grenze ausreizt.¹

Eine Studie der BFU aus dem Jahr 2017² befasste sich mit gefährlichen Annäherungen zwischen Luftfahrzeugen im deutschen Luftraum. Die dort gewonnenen Erkenntnisse sind für fast jeden Piloten aus eigener Erfahrung gut nachvollziehbar:

*„Bei insgesamt 490 der BFU gemeldeten Ereignissen kam es zu 15 Unfällen, 31 Schwere Störungen und acht Störungen mit insgesamt 19 tödlich, zwei schwer und 15 leicht verletzten Personen. [...] Die Unfälle ereigneten sich im VFR-Reiseflug und im VFR-Platzverkehr. Bei den Schwere Störungen und Unfällen versagte das Grundprinzip „See and Avoid“. [...] Auch könnte mit entsprechender **kompatibler Kollisionswarnausrüstung aller Verkehrsteilnehmer** die Kollisionsgefahr im VFR-Reiseflug und im VFR-Platzverkehr, reduziert werden.“*

Passiert ist seitdem wenig – die Verkehrsluftfahrt fordert weiterhin immer ausgedehntere freigabepflichtige Lufträume, um sich räumlich von dem übrigen Verkehr zu separieren. Was hierbei allerdings verdrängt wird, ist das zurückbleibende, weit höhere Risiko von Kollisionen zweier unkontrollierter Flugzeuge miteinander – an den Grenzen der freigabepflichtigen Lufträume durch Verdichtung der Verkehrsströme, sowie in der Nähe

der unkontrollierten Verkehrs- und Sonderlandeplätze und Segelfluggelände.

Die BFU schließt Ihre Untersuchung mit der

SICHERHEITSEMPFEHLUNG NR. 03/2017

DAS BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI) SOLLTE SICHERSTELLEN, DASS FLÜGE DES KOMMERZIELLEN LUFTRANSPORTS NACH INSTRUMENTENFLUGREGELN MIT LUFTFAHRZEUGEN GRÖßER 5,7 T ABFLUGMASSE BZW. MEHR ALS 19 SITZPLÄTZEN NUR IN LUFTRÄUMEN ERFOLGEN, IN DENEN DIE FLUGVERKEHRSKONTROLLE JEDERZEIT IN DER LAGE IST, VERKEHRSMITTEILUNGEN UND AUSWEICHEMPFEHLUNGEN BEZÜGLICH ALLER SONSTIGEN IM SELBEN LUFTRAUM OPERIERENDEN LUFTFAHRZEUGE ZU ERTEILEN SOWIE BORDEIGENE UND BODENGEBUNDENE KOLLISIONSSCHUTZSYSTEME (ACAS UND STCA) VOR DROHENDEN KOLLISIONEN WARNEN KÖNNEN.

Die hierbei zugrundeliegende Forderung nach räumlicher Separation der Verkehrsarten allein durch Luftraumstrukturen ist jedoch in Deutschland schon heute nicht durchgängig darstellbar. Die dichte Besiedelung unseres Landes bei gleichzeitig hoher Anzahl an Landeplätzen, Segelflugplätzen wie auch regionalen- und internationalen Flughäfen führt zwangsläufig zu einer verdichteten Nutzung des begrenzt zur Verfügung stehenden Luftraums über Deutschland auch im Mischflugverkehr. Deutschland ist hier eines der am meisten betroffenen Länder weltweit.

Auch aus diesem Grund wurde von Seiten des BMVI der „Kriterienkatalog [...] zur Einrichtung von Lufträumen“ vom 1. Februar 2015 in Kraft gesetzt. Damit soll ein tragfähiger Kompromiss zwischen den Interessen sämtlicher Luftverkehrsteilnehmer hergestellt werden, um einerseits die Sicherheit im Luftverkehr bestmöglich zu gewährleisten, ohne andererseits „*unabgewogen und unangemessen die Freiheit der Nutzung des Luftraums einzuengen*“.

¹ [Abschlussbericht BEKLAS, Kapitel 6](#)

² [BFU Studie über Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen im deutschen Luftraum 2010-2015](#)

Daher erscheint es sinnvoll, sich der zweiten Forderung aus der obigen Sicherheitsempfehlung der BFU inhaltlich vertieft zu widmen:

Luftfahrzeuge sollen an Bord solche Geräte mitführen, die es zum einen der Flugverkehrskontrolle, aber auch den Luftfahrzeugen untereinander ermöglicht, eine drohende Kollision im Cockpit zu erkennen und geeignete Maßnahmen zur Kollisionsvermeidung ergreifen zu können. Anders ausgedrückt:

JEDER KENNT DEN GESAMTEN VERKEHR UM IHN HERUM UND WEICHT EIGENSTÄNDIG AUS.

Insbesondere der Rückfall auf die durch hohe Arbeitsbelastung und komplexe rechtliche Rahmenbedingungen nur begrenzt zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der Flugsicherung zur Erteilung von Verkehrsinformationen und Ausweichempfehlungen stellt sich in der fliegerischen Praxis immer wieder als lückenbehaftet heraus. Beispielhaft sei an dieser Stelle die hohe Frequenzbelastung der FIS-Frequenzen an sonnigen Wochenenden, wodurch Verkehrshinweise oft gar nicht mehr möglich sind.

Aber auch in geschützten Lufträumen tritt dieses Problem immer wieder auf. Beispielhaft sei hier der Luftraum um Regionalflughäfen genannt, die oftmals durch eine TMZ (mit Hörbereitschaft) oder Luftraum Delta geschützt sind. Zwar besteht hier für die Flugsicherung die Möglichkeit auch VFR-Flüge anzusprechen, jedoch können sich die Luftfahrzeuge verschiedener Kategorien meist nicht gegenseitig elektronisch sichtbar machen. Die Expertengruppe für gefährliche Luftfahrzeugannäherungen in Deutschland untersucht solche Fälle regelmäßig. Beispielhaft seien hier die Berichte der APEG in den Airprox-Magazinen genannt.

Ein anderer Fall ereignete sich am 8. September 2018 beim Anflug einer Dornier 328-100 auf den Flughafen Mannheim (Az. BFU18-1373-7X). Von Sylt kommend wird das Flugzeug vom Radarlotse zum Turmlotse bereits weit vor Erreichen der lateralen Grenze der Kontrollzone übergeben. Da der Lotse im Mannheimer Turm aber eine entgegenkommende Piper PA-28 nicht sehen konnte, weil sein Radarbild nur die unmittelbare

Umgebung der Kontrollzone anzeigte, erfolgt zunächst keine Verkehrsinformation. Der Radarlotse bemerkt dies zwar, muss aber zunächst seinen Kollegen im Turm per Telefon warnen, damit der dann die Information per Funk an die Besatzung der Dornier weitergeben kann. Als die dann endlich im Cockpit ankommt, haben sich die Flugzeuge bereits in gleicher Höhe mit einer Entfernung von 0,126 NM passiert. Der Pilot der Piper registrierte die Dornier erst im Moment des Vorbeiflugs. Er stand die ganze Zeit im Funkkontakt mit Langen Information.



Nicht jeder ist in der Luft für andere erkennbar, das Luftlagebild für niemanden komplett.

Auch in der, bislang nur in Deutschland existierenden TMZ mit Hörbereitschaft, können Verkehrsinformationen nur in Abhängigkeit von der Arbeitslast des Fluglotsen gegeben werden. Die ist insbesondere in TMZ Lufträumen in der Umgebung von internationalen Flughäfen oder in besonders stark frequentierten Flugsicherungssektoren nicht immer zuverlässig möglich.

Hier zeigt sich wie wichtig, eine standardisierte interoperable Kollisionsvermeidung unter allen Luftfahrzeugkategorien ist. Das gilt insbesondere für Situationen in denen die Flugsicherung, wie in den dargestellten Beispielen oder generell bei VFR/VFR Konflikten, nicht eingreifen kann.

Es zeigt sich also, dass die oben dargestellte Forderung der BFU, obwohl nur wenig beachtet, das überlegene Prinzip darstellt: **elektronische Kollisionsvermeidung muss unter allen Luftfahrzeugkategorien Bord-zu-Bord funktionieren, und dies insbesondere vor dem Hintergrund der Integration der unbemannten Luftfahrt in den Luftraum!**



Die heutigen Systeme

Mode S, TCAS, FLARM

Die heutigen Systeme

Immer wieder ist die Rede von einer grundsätzlich verpflichtenden Abstrahlung eines „klassischen“ Transpondersignals im Mode-S Band als zertifizierte und somit realisierbare Lösung des Kollisionsproblems. Die Zukunftsfähigkeit dieser Technologie, insbesondere in der Allgemeinen Luftfahrt und im Luftsport, ist jedoch mehr als fraglich.

Auch die Flugsicherung nutzt zusätzlich vermehrt weitere Systeme wie MLAT oder ADS-B. Das derzeitige Flugverkehrsmanagement in Deutschland benötigt zwar nach wie vor Daten von Primär- und Sekundärradar zur Ausübung der Flugverkehrskontrolle, einige Staaten (u.a. Australien, USA, UK) verfügen jedoch teilweise schon über „ADS-B only“ Lufträume.

In Deutschland schreiten die Modernisierung und Digitalisierung der Flugsicherung ebenfalls weiter voran. Bis zum Jahr 2024 möchte die DFS auch in ihren Kontrollzentralen für den unteren Luftraum das bisherige System Phoenix ausphasen und dem europäisch harmonisierten System iCAS ersetzen. Dabei wird Phoenix in der örtlichen Flugverkehrskontrolle erhalten bleiben.

Nicht minder wichtig zu erwähnen ist die Erneuerung der Ortungsinfrastruktur durch das Projekt MaRS.³

Im Rahmen dieses Projekts wird bereits mit dem Aufbau eines ADS-B Netzwerks für die Flugsicherung in Deutschland begonnen.

Diese Bodeninfrastruktur ist essenziell für ein vollständiges Luftlagebild bei der Flugsicherung, allerdings neben der Bord-zu-Bord Kommunikation der Luftfahrzeuge auch nur einer der Bausteine einer effektiven Kollisionsvermeidung.

Der Mode-S-Transponder

Nachdem Anfang 2008 die Mode-S-Technologie für alle mit Transponder ausgestatteten Luftfahrzeuge Pflicht geworden war, sahen sich viele Halter einer erheblichen Investition ausgesetzt. Nachdem einige ihre noch neuwertigen Mode-C-Transponder entsorgen mussten, war das Thema emotional hoch belastet – und das ist es bis heute.

³ Modernisation and upgrade of existing radar infrastructure

Während der Luftfahrzeugführer nahezu keine Vorteile für sich erkennen konnte, lagen diese klar auf der Seite der Flugsicherungen, schließlich wurde nun bei jedem Antwortimpuls auch u.a. die Kennung des LFZ mitgesendet, was zu einer besseren Identifizierbarkeit auf den Radarschirmen führte. Die Kosten für die Einrüstung hatten die Halter allein zu tragen, und die summierten sich schnell auf beachtliche vierstellige Beträge. Vor allem für ältere Segelflugzeuge, die auch in TMZ Lufträumen betrieben werden, glich das fast einem wirtschaftlichen Totalschaden.

Dabei war die Technologie zum Zeitpunkt der Einführung in Europa bereits veraltet. Sie fußt bekanntlich auf dem in den 40er-Jahren des vorigen Jahrhunderts entwickelten Prinzip der Laufzeitmessung. Eine Bodenstation sendet einen Abfrageimpuls auf 1030 MHz, der vom Transponder auf 1090 MHz mitsamt aufmoduliertem „Squawk-Code“ zurückgesendet wird. Da die möglichen 4.096 Codes im Luftraum über Europa bereits zu Engpässen führten, stellte die Mode-S-Technologie einen willkommenen Ausweg dar: nun konnten viele Luftfahrzeuge denselben Code (z.B. MSCC 1000, Gruppensquawks bei FIS) nutzen und dennoch durch Übermittlung des Rufzeichens bzw. der Mode-S ID eindeutig identifizierbar bleiben.

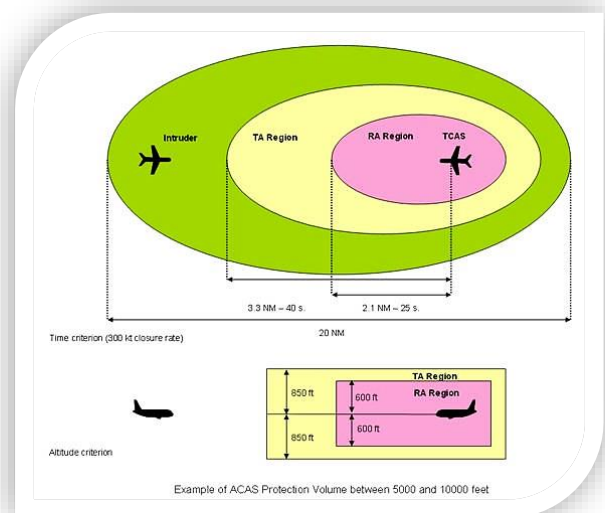
Doch auch diese Technologie stößt an Kapazitätsgrenzen. Laut verschiedener Studien (u.a. DFS/Eurocontrol „CRISTAL“) sei die Frequenzbelastung für den Fall, dass an einem sonnigen Wochenende alle Luftverkehrsteilnehmer in Deutschland einen Transponder betreiben würden, so hoch, dass es zu erheblichen Störungen im Mode-S Band käme. Das liegt zum einen an der dann aktiven Vielzahl der Mode-S Transponder, zum anderen auch an der Vielzahl der abfragenden Radaranlagen.

Wenn diese Technologie nun aber in der Allgemeinen Luftfahrt zur Kollisionsvermeidung bspw. durch TCAS I/II oder ACAS genutzt werden sollte, müsste jedes Luftfahrzeug nicht nur ein Antwortgerät (Transponder) führen, sondern ebenfalls auch noch ein aktives Abfragegerät (Interrogator), denn schließlich antwortet der Transponder nur auf ebendiese Abfrageimpulse.

Da diese Technologie nicht nur vergleichsweise schwer, platz- und stromintensiv ist, sondern auch einer komplexen Zertifizierung unterliegend und entsprechend teuer, wird sie mit nur wenigen Ausnahmen nicht in Leichtflugzeugen eingesetzt. Ein flächiger Einsatz würde darüber hinaus auch die Frequenzbelastung potenzieren.

Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS)

TCAS ist ein in den 1980er Jahren eingeführtes Kollisionswarnsystem, das seit dem Jahr 2000 im Zuständigkeitsbereich von Eurocontrol stufenweise für bestimmte Luftfahrzeugkategorien verpflichtend wurde. Seit dem 1. Dezember 2015 müssen alle LFZ mit mehr als 19 Sitzen oder mehr als 5700 kg MTOW in Europa mit TCAS II Version 7.1 ausgerüstet sein.⁴



Neben dem zuvor beschriebenen Interrogator-Prinzip ist das System in der Lage, eine Schutzzone rund um das Flugzeug zu bilden und bei Eindringen anderer LFZ mit aktiver Mode-C/S Abstrahlung in den inneren Bereich („RA Region“) verpflichtende Ausweichanweisungen (nur vertikal) an die Besatzung zu erteilen.

Allein aus den Ausmaßen der Schutzzonenbereiche lässt sich erkennen, dass das System bereits konzeptionell nicht für die Kleinluftfahrt geeignet sein kann.

⁴ [EU 1332/2011](#)

TCAS I gibt Verkehrshinweise über mit Transponder ausgestatte Luftfahrzeuge

TCAS II gibt zusätzlich Ausweichempfehlungen in vertikale Richtungen.

ACAS X ist der designierte Nachfolger von TCAS II.

Resolution Advisory ist eine verpflichtende automatische Ausweichempfehlung

Traffic Advisory ist ein Verkehrshinweis über relevante Mode C/S Ziele

TCAS I ist eine, ursprünglich für die Allgemeine Luftfahrt entwickelte, Version von TCAS. Hierbei handelt es sich um ein aktives Kollisionswarnsystem, d.h. es werden Transponder anderer Luftfahrzeuge aktiv abgefragt. Damit lässt sich eine recht akkurate Positionsbestimmung und Flugwegvorhersage anderer Luftfahrzeuge im Umkreis bis zu 40nm erreichen. Die benötigte Hardware benötigt einen festen Einbauplatz im Luftfahrzeug und eine externe Stromversorgung. Die Kosten für ein solches System liegen bei ca. 30.000€ pro Luftfahrzeug.

TCAS II eignet sich systembedingt nicht für den Einsatz in niedrigen Flughöhen, wie sie in der VFR-Luftfahrt die Regel sind. So gibt TCAS II ab 1.000ft GND (+/- 100ft) keine Ausweichanweisungen mehr aus und gibt ab 500ft GND auch keine akustischen Hinweise mehr über anderen Verkehr. Auch das Fehlen horizontaler Ausweichempfehlungen macht TCAS II nicht hinreichend nutzbar. Die technischen Voraussetzungen für ein TCAS II können in der Allgemeinen Luftfahrt und im Luftsport nicht geschaffen werden, da dieses System jeglichen annehmbaren Preisrahmen sprengt (bis zu 150T€) und zusätzliche Hardware, wie bspw. Radarhöhenmesser benötigt.

In der Vergangenheit befanden sich auch die TCAS Versionen III & IV in der Entwicklung, die allerdings mit dem Aufkommen von ADS-B zu Gunsten der Entwicklung anderer Systeme, wie ACAS X eingestellt wurde.

ACAS X

Ein Nachteil bei den TCAS-Systemen besteht allerdings gerade in deren festen und großen Schutzzonen. Dringt ein LFZ in die innere Schutzzone (+/- 500ft) ein, wird eine Resolution Advisory generiert. Dies führt immer wieder zu unnötigen Fehlalarmen, da TCAS bspw. VFR- und IFR-Flugflächen nicht unterscheiden kann, die mitunter in der „RA Region“ liegen können.

Auch ist die volle Funktionalität nur gegeben, wenn sich zwei mit TCAS II ausgerüstete Lfz begegnen. Die Einrüstung ist dabei Lfz vorbehalten, die bestimmte Kriterien erfüllen, so z.B. eine Mindeststeigrate von 2.500 fpm – dies schließt LFZ der Allgemeinen Luftfahrt ebenso aus wie viele zukünftige Drohnen.

Diese Faktoren führten schließlich zum Entwicklungsprozess von ACAS X.

Mit der Version ACAS X_A soll ein System geschaffen werden, welches bei weiterer Nutzung der bestehenden Hardware, v.a. in CS-25 Flugzeugen der Großluftfahrt, wie Antennen, Bordrechnern und Anzeigen auch andere Sensoren als Quelle einbeziehen kann – wie z.B. ADS-B Daten – und gleichsam weniger Fehlalarme produziert. Im Kern berechnet das System nun die tatsächliche Wahrscheinlichkeit einer Kollision und ermittelt nach vorgegebenen Kriterien den optimalen Ausweichvorschlag. Weiterhin ist ACAS X_A nicht mehr ausschließlich auf das Interrogator-Prinzip angewiesen, sondern kann auch „Broadcast“-Informationen empfangen.

Mit der Version ACAS X₀ soll auch eine Variante für den Flugbetrieb mit reduzierten Staffelungswerten unter bestimmten Bedingungen kommen.

Bemerkenswert ist ein in der Entwicklung befindlicher Substandard namens ACAS X_U, welcher für die Nutzung von Drohnen gedacht ist und neben dem vertikalen Ausweichmanöver auch ein horizontales, vorsorgliches Ausweichen ermöglicht. Diese Entwicklung schreitet derzeit weiter voran.

Der für die Nutzung in der Allgemeinen Luftfahrt gedachte Standard ACAS X_P, der als passives System ADS-B Sendungen auswertet, scheint hingegen derzeit nicht weiterentwickelt zu werden.

FLARM (FLight aLARM)

Hierbei handelt es sich um ein von der Schweizer Firma FLARM Technology Ltd. ursprünglich für die Anwendung im Segelflug entwickeltes System, welches in einem frei zugänglichen Frequenzband (868,2 und 868,4 MHz; industrial, scientific and medical radio band (ISM) / short-range device radio band (SRD)) arbeitet. Dieses Band wird bspw. auch für diverse andere Anwendungen (z.B. Garagentoröffner und Alarmanlagen) genutzt. Laut Hersteller sind derzeit etwa 40.000 Geräte weltweit bei Drohnen, Luftfahrzeugen der Allgemeinen Luftfahrt und Luftsportgeräten im Einsatz. Dabei konzentriert sich die Verbreitung v.a. auf den europäischen Raum.

Der Vorteil von FLARM liegt darin begründet, dass es mit geringem Hardwareaufwand aktive Kollisionswarnung für den Luftsport **Bord-zu-Bord** ermöglicht, ohne einen Transponder und entsprechende Flugsicherungsinfrastruktur.

FLARM sendet mind. sekundlich seine GPS-Position sowie weitere Daten wie die Geschwindigkeit aus. Befinden sich bspw. zwei Segelflugzeuge in derselben Aufwindzone, empfängt das FLARM-Gerät in beiden LFZ das jeweils andere Gerät und interpretiert die eingehenden Signale, vergleicht sie mit der eigenen GPS-Position und stellt das relevanteste Ziel durch Relativangaben dar, also z.B. so:



Bild: FLARM Technology AG, FLARM Anzeige Air Avionics ATD

Diese Positionsangabe ist für Luftfahrer besonders gut nutzbar, weil sie (nahezu in Echtzeit übermittelt) geeignet ist, um intuitiv den Kopf in Richtung der erwarteten Position des anderen LFZ zu drehen und den visuellen Kontakt herzustellen.

Durch die gute Nutzbarkeit im Nahbereich und den geringen Stromverbrauch (im Vergleich zum Transponder), sowie den durch Batteriebetrieb möglichen, mobilen Einsatz hat sich das System vor allem innerhalb Europas zügig insbesondere im Segelflughbereich durchsetzen können.

Eine aktive Interoperabilität mit anderen Systemen ist bei FLARM jedoch nur begrenzt gegeben. Da in den frei zugänglichen Frequenzen die Sendeleistung auf 25 mW begrenzt ist, eignet es sich allein nicht zur Signalübertragung auf größere Distanzen (ca. 3km ClassicFLARM bzw. ca. 10km PowerFLARM, lt. Hersteller), bspw. zum Zweck der Verkehrsinformation und Kollisionsvermeidung bei hohen Annäherungsraten. Diese Annäherungsraten können auch im Luftraum E unter FL100 bei 500kts (926km/h) bzw. ca. 8,3nm / 15,4km pro Minute und mehr liegen.

Im Zeitalter der Smartphones darf auch die Kompatibilität mit diesen Geräten nicht ganz außer Acht gelassen werden. Laut Expertenmeinung kann das LTE-Band der Mobilfunkanbieter (852-862MHz) das SRD-Band stören⁵, so dass Anwendungen in diesem Frequenzband teilweise beeinträchtigt sein könnten.⁶

Eines der größten Mankos liegt im proprietär verschlüsselten Funkprotokoll der FLARM-Geräte, was dazu führt, dass Dritthersteller für eine Nutzung des Systems Lizenzen des Rechteinhabers FLARM Technology Ltd. erwerben müssen.

Dieser ändert in einem regelmäßigen Zyklus die Firmware, die auf den Geräten alle 365 Tage aktualisiert werden muss. Geräte ohne das (kostenlos) vom Rechteinhaber bereitgestellte Firmware-Update sind nach diesem Zeitpunkt nicht länger betriebsbereit.

⁵ „Stört LTE das 868-MHz-Band?“ Fachzeitschrift Elektronik Ausgabe Oktober 2013

⁶ [FLARM Informationen zu verschiedenen Geräteversionen](#)

Durch die genannten Einschränkungen konnte sich FLARM in der Großluftfahrt nicht etablieren – für eine solche Anwendung war es allerdings auch nie gedacht. Dies führt jedoch dazu, dass bspw. eine Boeing 737 im Anflug auf einen Regionalflughafen, die permanent Positionsdaten über Mode C/S und ADS-B sendet und empfängt, ein nur 500ft tiefer fliegendes Segelflugzeug, das nur mit FLARM ausgestattet ist, nicht auf ihren Anzeigen sichtbar machen kann. Andersherum gelingt dies nur dann, wenn das FLARM-Gerät zusätzlich mit einem Mode-S und ADS-B Empfänger ausgerüstet ist. Die Geräteversion PowerFLARM zeigt Transponderziele ohne ADS-B Abstrahlung, also reine Mode C/S Ziele, jedoch als sog. „bearingless targets“ an. Dabei ist die Anzeige der Position des anderen Verkehrs nicht genau, sondern nur auf einer Kreisbahn mit ungefährem Radius auf Grundlage der Empfangsfeldstärke mit Höhendifferenz möglich. Im Gegensatz zu reinen FLARM Signalen, können diese Ziele in einem wesentlich größeren Bereich angezeigt werden.

In dem o.g. Beispiel ergibt sich der im BFU-Bericht erwähnte Fall, dass zwar beide Luftfahrzeuge mit Kollisionswarngeräten ausgestattet sind, diese aber nicht untereinander kompatibel sind (Insellösungen) und damit die Anzeige nicht in beiden Cockpits erfolgen kann.

Die Kosten für ein portables (Power)FLARM Gerät bewegen sich je nach Version von ca. 1.200€ bis 2.400€.

PCAS XRX

Das portable PCAS XRX (Portable Collision Avoidance System) vom Hersteller Zaon Flight Systems ist ein passives Kollisionswarngerät für die Allgemeine Luftfahrt.



PCAS XRX erkennt in einem Radius von ca. 6 Nautischen Meilen und einem Höhenband von +/- 2.500ft um das eigene Luftfahrzeug andere aktive Transponder. Das System ist mit einer richtungssensitiven Antenne ausgestattet und kann lt. Herstellerangaben die Richtung (+/- 22°), Entfernung (+/- 0.2 NM) und relative Höhe (+/- 200ft) zu anderem Flugverkehr mit aktivem Transponder ausgeben. Dabei werden die drei nächsten Ziele auf dem Gerät angezeigt.

Da PCAS selbst nicht sendet ist das eigene Luftfahrzeug zur elektronischen Sichtbarkeit für anderen Verkehr weiterhin auf einen Transponder oder andere Kollisionswarnsysteme angewiesen. Eine Schnittstelle zu anderen Kollisionswarnsystemen wie bspw. FLARM besteht nicht.

Der Hersteller stellte die Produktion von PCAS im Jahr 2013 ein, bis dahin wurde die aktuelle Version für ca. 1.700€ vertrieben.

Die bisher bestehenden Kollisionswarn-technologien sind untereinander nicht voll kompatibel, sodass es sich jeweils um isolierte Lösungen für bestimmte Nutzergruppen handelt.

Erkenntnisse zum Status quo

Die dargestellten, fortschrittlichen Kollisionswarnsysteme basieren allesamt auf dem regelmäßigen Aussenden bzw. Empfang von Telemetriedaten eines Flugzeuges wie GPS-Position, Höhe und Geschwindigkeit in Form der permanenten Ausstrahlung („Broadcast“). Die übertragenen Daten des sendenden Flugzeuges lassen dem Empfänger präzise, im Bordgerät erzeugte Warnungen unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Trajektorie ohne nennenswerte Verzögerung zu. Zur Warnung vor Kollisionen ist dabei nicht nur das Aussenden von Positions- und Zustandsdaten erforderlich, sondern auch Empfang und Darstellung der Daten umgebender Flugzeuge. Ein flächendeckender Nutzen für die Luftfahrt entsteht in einem Netzwerkeffekt erst dann, wenn möglichst viele Flugzeuge in ein interoperables System integriert sind und die verwendeten Standards international kompatibel sind.

Bisherige Versuche der neuen elektronischen Kollisionsvermeidung



Apps, LTE, OpenNetwork

Bereits seit einigen Jahren engagieren sich einige Unternehmen in der Weiterentwicklung der bisherigen Möglichkeiten in der elektronischen Kollisionsvermeidung. Die Ansätze sind dabei vielfältig und sollen hier nicht abschließend aufgezählt werden. Die meisten dieser Systeme basieren auf dem Mobilfunknetz und GNSS, oder wie FLARM, ebenfalls auf lizenzfreien Frequenzen.

Ein Beispiel dieser Entwicklungen ist das mit einer App nutzbare System „PilotAware“. Hierbei handelt es sich um ein Gerät, welches zu einem Verkaufspreis von derzeit ca. 250 EUR angeboten wird. Dieses System hat einen interoperablen Ansatz und kann neben Verkehrs- bspw. auch Wetterinformationen zur Verfügung stellen.

Leider zeigen sich aber auch hier schon bekannte Problemfelder: Erstens muss beim Hersteller – es handelt sich um ein britisches Start-Up – eine jährliche Lizenz käuflich erworben werden⁷. Der Hersteller geht also noch einen Schritt weiter als FLARM, indem er die Nutzer nicht nur zwingt, Software-Updates ausschließlich über ihn zu beziehen, sondern auch jährliche Abonnements abzuschließen, nach deren Ablauf das Gerät nicht länger genutzt werden kann. Ein die Zuverlässigkeit des Systems beeinträchtigender Faktor.

⁷ [PilotAware Lizenzerneuerung](#)

Zweitens umging der Hersteller das Problem der fehlenden Nutzung der UAT-Frequenz, indem er eine eigene Frequenz etablierte. Gesendet und empfangen wird auch hier im SRD-Frequenzband auf 869,5 MHz. Es handelt sich wie bei FLARM um ein lizenzfreies „Jedermannband“, dessen Nachteil zum einen in der begrenzten, zulässigen Sendeleistung von 500mW (ggü. mind. 7W bei UAT-Sendern) liegt und zum anderen in der mangelnden Interkompatibilität mit zertifizierten Systemen. Tatsächlich können nur Geräte dieses Herstellers mit heutigem Stand die Signale eines anderen PilotAware-Senders empfangen, weil kein anderer Hersteller entsprechende Empfänger in seine Geräte eingerüstet hat.

Dennoch ist das Konzept durch einige innovative Ideen interessant: So nutzt der Hersteller in Großbritannien das Netzwerk OGN, um Informationen zur ungefähren Position von Mode-S-Transpondern durch Multilateration zu gewinnen und zur Anzeige zu bringen. In 98,29% der Fälle gelang dies mit einer tatsächlichen Genauigkeit von unter 0,3 NM⁸, welches einen enormen Vorteil gegenüber den heute verwendeten ungerichteten Warnanzeigen von Mode-S-Transpondern („bearing-less targets“) in gebräuchlichen Warnsystemen,

⁸ [PilotAware Trial](#)

wie z.B. PowerFLARM darstellt. Dies ist deshalb für eine mögliche Nutzung in Deutschland von besonderem Interesse, weil hier ein ebenso dichtes Netzwerk an OGN-Bodenstationen betrieben wird wie in Großbritannien.

Dieses freie und offene Netzwerk (open source community network) von Rechnern kombiniert die Positionsdaten verschiedener Datenquellen, wie z.B. FLARM, OGN tracker, PilotAware, SPOT, FANET (paragliders), Spidertracks, usw. und sendet den Datenstrom in Nahezu-Echtzeit weiter an verschiedene Plattformen, wie z.B. flightradar24.

Das zeigt, wie schon heute ein europaweiter Serververbund technisch zu realisieren und mit geringem Kostenaufwand zu betreiben ist. OGN stellt daher den **Prototyp** der in der europäischen U-Space-Regulation geforderten „**Common Information Function**“ (CIF) dar – und natürlich macht es Sinn, diesen Datenstrom zur Lösung der Kollisionsvermeidungsproblematiken zwischen allen Luftverkehrsteilnehmern im unteren Luftraum gleich mit zu nutzen.

Wie groß der Bedarf an im Flug zur Verfügung gestellten Daten auch hierzulande ist, zeigt sich durch das heutige Angebot an im Cockpit nutzbaren Anwendungen und Geräten. Einerseits versuchen Anbieter wie Flyguide, Daten des OGN-Netzwerks sowie des OpenSky Netzwerks⁹

an Smartphones und Tablets im Cockpit über das Mobilfunkmodul zu streamen, um ein möglichst umfassendes Luftlagebild zu bieten. Das funktioniert auch recht gut, wie ein Test im aerokurier 9/2019 zeigte (S. 92 u. 93). „Einzig die Datenübertragung im terrestrischen Mobilfunk bildet den Flaschenhals in dem System. Je nach Netzabdeckung und Topographie bleibt eine Mobilfunkverbindung bei uns nur bis etwa 3.000 Fuß stabil. Damit bleibt die App nur in geringerer



Reishöhe sowie beim An- und Abflug von Landeplätzen nutzbar“, folgert der Redakteur. Der Vorteil: sowohl die App als auch der Datenabruf sind kostenlos, da das Ganze auf den Datenfreier Netzwerke basiert. Wer zusätzlich Wetterdaten wie METAR möchte, muss allerdings zur Pro-Version greifen, für die eine jährliche Nutzungsgebühr anfällt.

Für den sicheren Zugriff auf Wetterdaten auch in größeren Höhen bietet z.B. Moving Terrain ein Moving-Map-Display als Einbaulösung an, welches bspw. aktuelle DWD-Radarbilder über eine Außenantenne empfängt, die sich mit einem Satelliten verbindet (Iridium oder Thuraya). Über Iridium empfängt auch das von Golze Engineering hergestellte ADL200 die DWD-Wetterdaten, verfügt aber zusätzlich über ein LTE-Modul, um diese schneller und kostengünstiger hochzuladen, wenn das Gerät eine Netzverbindung herstellen kann. Außerdem ist es in der Lage, ADS-B-Verkehr zur Anzeige zu bringen. Der gewichtige Nachteil beider Lösungen: sie sind bereits in der Anschaffung nicht günstig und benötigen zudem im Betrieb teure Iridium-Datenpakete. Hier werden bei regulärer Nutzung jährlich mehrere hundert Euro fällig. Gleichwohl soll an dieser Stelle eine Lanze für die Hersteller gebrochen werden: sie haben die einzig mögliche Datenquelle angezapft, die im europäischen Luftraum zur Verfügung steht, nämlich das Satellitentelefon – damit ergeht es uns nicht besser als Fliegern über der sibirischen Tundra oder dem südamerikanischen Regenwald!

Genau daran versucht sich auch der Berliner Hersteller Dacher Systems, dessen Ansatz „SkyNavPro“ eine App zur Kollisionsvermeidung mit der Bereitstellung von Wetter- und Verkehrsdaten über ein im Flugzeug eingebautes Modul verbindet. Doch abgesehen von den hohen Kosten für die Datenpläne und den integrierten Satellitenmessenger (der benötigt wird wenn kein Mobilfunknetz verfügbar ist) bietet der Hersteller mit seiner „RedLine Box“ auch ADS-B-Empfang sowie ein komplettes, integriertes FLARM-Modul an. Leider werden keine Daten des OGN- und OpenSky-Netzwerks genutzt, um das Verkehrsbild zu komplettieren

⁹ [OpenSky Network](#)

Mobilfunk

Die künftigen U-Space Service Provider sehen die Grundlage für ihr Netzwerk, mit dem die Datenversorgung von unbemannten Luftfahrzeugen im U-Space bis ca. 500ft GND sichergestellt werden soll, auch in der Mobilfunktechnologie LTE. Daraus entstand der Gedanke die Allgemeine Luftfahrt ebenfalls mit Informationen über das Mobilfunknetz zu versorgen. Dieser Ansatz greift für die bemannte Luftfahrt jedoch zu kurz, da die Mobilfunknetze dafür wortwörtlich nicht ausgerichtet sind. Grundsätzlich ist das 4G-Funknetz nur auf die horizontale Ebene (Erdoberfläche), aber nicht auf die vertikale Ebene (Luftraum) ausgerichtet. Daher ist das tatsächlich **größte Funkloch** gar nicht im aktuellen Funkloch-Atlas der Bundesnetzagentur erfasst – und das ist nahezu der **gesamte deutsche untere Luftraum**.

Natürlich ist davon auszugehen, dass Drohnen in ihren verschiedenen Ausprägungen auch Flughöhen oberhalb der 500ft über Grund erreichen werden. Eine zuverlässige Mobilfunkversorgung in diesem Bereich macht jedoch eine vertikale Abstrahlung des LTE-Netz unbedingt erforderlich und auch um eine aktive Interaktion mit den Geräten der bemannten Luftfahrt (ACAS) wird man in größeren Höhen wohl nicht herumkommen.

Im Rahmen des Projekts **SESAR 2020 Solution PJ14-02-05** wurde von DFS und Deutscher Telekom die Machbarkeit bereits untersucht: Eine flächendeckende Versorgung mit LTE bis ca. 10.000ft Flughöhe wäre in Deutschland möglich, wenn Mobilfunkmasten in entsprechender Anzahl für die vertikale Abstrahlung ausgerüstet würden. Die über diesen Dienst im Flug oder per „Pre-Load“ am Boden zur Verfügung gestellten Daten entsprächen dabei den Services TIS-B und FIS-B. Dieses Projekt soll jedoch zunächst nicht weiterverfolgt werden.

Selbst bei Realisierung eines solchen Systems würde eine Abdeckung bis 10.000ft für eine interoperable Kollisionsvermeidung aller Luftfahrzeugkategorien nicht ausreichend sein und den bevorzugten Grundsatz der direkten Bord-zu-Bord Kommunikation außer Acht lassen.

Eine mobilfunkbasierte Lösung muss immer auf einen Netzwerkknoten (Mobilfunkmast) zurückgreifen, um Daten zwischen mehreren Teilnehmern auszutauschen. Das bietet sich für die bemannte Luftfahrt jedoch nicht an, da die Kollisionsvermeidung auch bei fehlender Netzabdeckung funktionieren muss. Zudem erreichen auch in Deutschland motorisierte als auch nicht-motorisierte Luftfahrzeuge Höhen deutlich über 10.000ft. Es ist auch nicht zu erwarten, dass ein solches System für die Großluftfahrt Realität werden könnte.

Kollisionsvermeidung in der Luft darf auch nicht Hersteller-, Nationalstaaten- oder Providerabhängig sein. Es liegt in der Natur der Sache, dass Flugzeuge der Allgemeinen Luftfahrt hoch, schnell und weit fliegen. Das Kollisionswarngerät eines Motorflugzeugs muss auch beim Flug über Landesgrenzen hinweg funktionieren. Genauso wie es das bei Segelflugzeugen, die die Wintersaison sogar auf der Südhalbkugel verbringen, der Fall sein muss. Kurzum: Ein System muss in Europa, den USA und ebenso in Australien oder Südafrika funktionieren.

Ebenso wichtig wie die Interoperabilität, ist die zuverlässige und freie Verfügbarkeit der Daten. Neben einigen Systemen, die auf dem SRD-Band basieren, wäre eine solche Mobilfunklösung nur über kostenpflichtige Abonnements zugänglich. Die Sicherheit im Flug darf aber keinesfalls von einer Monetarisierung der flugsicherheitsrelevanten Daten beeinträchtigt sein. Damit wäre in Deutschland neben Sichtflugkarten, NfL und Flugwetterzugang ein weiteres Abonnement fällig – während diese Produkte in unseren europäischen Nachbarstaaten überwiegend kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Solch ein Modell würde Verbreitung und Akzeptanz einschränken und auch der staatlichen Daseinsfürsorge für die Sicherheit im Luftverkehr widersprechen.

Ein solches System ist also technisch realisierbar, jedoch für die Allgemeine Luftfahrt nicht geeignet.

Über ein mobilfunkbasiertes System könnte also eine weitere Insellösung entstehen, die nur sehr begrenzt Wirkung zeigen könnte.

ADS-B

Moderne Kollisionsvermeidung für die Luftfahrt



Die vielfach aufgeworfenen Probleme in der elektronischen Kollisionsvermeidung finden einen Lösungsansatz in dem schon lange Zeit in der Evolution befindlichen Standard ADS-B. Dieser neue Grundsatz in der Flugüberwachung setzt sich immer mehr durch und ist in Teilen schon als internationaler Standard gesetzt.

Bislang jedoch findet ADS-B in Europa keine ausreichende Verbreitung in der Allgemeinen Luftfahrt in Form eines einheitlichen und auf diese Nutzergruppe zugeschnittenen Standards. Zwar gilt im EASA-Gebiet eine Pflicht zur Ausrüstung mit ADS-B Technologie ab Ende 2020, jedoch nur für alle Flugzeuge schwerer als 5,7t MTOW oder schneller als 250kts Reisegeschwindigkeit.

Nahezu sämtlicher Sichtflugverkehr ist von dieser Ausrüstungspflicht folglich nicht betroffen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass durch den zukünftig vereinfachten Zugang zur Instrumentenflugberechtigung¹⁰ für Privatpiloten und der steigenden Anzahl von RNP-Verfahren an Verkehrs- und Sonderlandeplätzen, sich das Problem der VFR/IFR

Was bedeutet ADS-B?

Automatic

Automatische Abstrahlung der Informationen

Dependent

Das Signal benötigt eine zuverlässige GNSS (GPS) Quelle im Flugzeug

Surveillance

Präzise Flugüberwachung, genauer als RADAR

Broadcast

Aussendung von Fluginformationen an andere entsprechende Luftfahrzeuge und Bodenstationen

Konflikte auch innerhalb des Flugbetriebs der Allgemeinen Luftfahrt und im Luftsport vermehrt zeigen kann.

Die Allgemeine Luftfahrt benötigt dringend ein modernes System zur verlässlichen Kollisionsvermeidung, das mit allen Teilnehmern am stetig wachsenden Luftverkehr interagieren kann.

Die Verbreitung von ADS-B wird weiter voranschreiten und vielfältige Optionen eröffnen. Dabei ist es wichtig, dass die Allgemeine Luftfahrt und der Luftsport Teil der Evolution von ADS-B sind.

¹⁰ [EASA RMT.0677](#)

Extended Squitter (1090ES)

Der „Extended Squitter“ ist eine erweiterte Funktion eines klassischen Mode-S Transponders. Ein „Squitter“ ist vereinfacht ausgedrückt ein periodischer Sendezyklus eines Transponders, ohne zuvor durch einen Interrogator abgefragt worden zu sein.

Während ein Mode-C Transponder nur 3 Parameter während eines Sendeintervalls übertragen konnte, waren es bereits 7 beim Mode-S-Transponder. Der Extended Squitter sendet 49 Parameter in derselben Zeit.

Damit kann ein entsprechend befähigter Transponder auf der Frequenz 1090 MHz („1090ES“) neben den bisherigen Parametern wie LFZ-Kennung, Druckhöhe usw. jetzt erstmals auch seine GPS-Position und Flugrichtung sowie -geschwindigkeit übertragen. Somit wird auch das Laufzeitmessungs-Prinzip prinzipiell obsolet und ein aktives Abfragen durch einen Interrogator oder bodengebundene SSR-Stationen kann unterbleiben. Jeder, der nun eine geeignete Antenne betreibt, kann die Position des aussendenden LFZ unmittelbar und nahezu in Echtzeit zur Anzeige bringen.



Abb.: Online-Netzwerk "flightradar24.com" mit Anzeige ADS-B emittierender LFZ

Dies stellte eine Neuerung dar, da zur Anzeige eines Luftlagebildes erstmals kein Datenstrom von Seiten einer umfangreichen Radar Sensorik betreibenden Flugsicherungsorganisation mehr erforderlich war. Allerdings traten auch datenschutzrechtliche Bedenken auf, können doch fast vollständige Bewegungsprofile von Luftfahrzeugen durch Jedermann erstellt werden.

Leider sind nicht alle der in Kleinflugzeugen ab 2008 eingerüsteten Mode-S Transponder mit einer ES-Schnittstelle ausgestattet und damit nicht ADS-B-fähig oder müssen einem entsprechenden Upgrade unterzogen werden. Dabei ist die nötige zuverlässige Positionsdatenquelle (GNSS) ein nicht zu unterschätzender Faktor, falls diese nicht bereits in der Avionik vorhanden ist.

Eine Neueinrüstung eines solchen Transponders schlägt mit einigen Tausend Euro Beschaffungs- und weiteren Installationskosten zu Buche und kommt daher meist nur in Einzelfällen in Betracht.

Da auch diese Geräte auf der Frequenz 1090 MHz mit vergleichsweise hoher Leistung senden, würde eine größere Verbreitung weiter zur Verschärfung der Frequenzbelastung in Europa führen und in nicht motorisierten Luftfahrzeugen nach wie vor eine zusätzliche Stromversorgung notwendig machen.

ADS-B In bezeichnet den Empfang und die Auswertung von ADS-B Signalen

ADS-B Out sendet Informationen des eigenen Luftfahrzeugs an andere Luftverkehrsteilnehmer und Bodenstationen.

Universal Access Transceiver (UAT)

Da die sehr hohen Anforderungen an die Zertifizierung eines 1090ES Transponders, vor allem in der VFR-Luftfahrt, nicht überall benötigt werden und sich nicht alle günstigen und älteren Transponder auf „Extended Squitter“ aufrüsten lassen, stehen als Alternative die Universal Access Transceiver bereit. Diese universalen Send-/Empfangsgeräte übernehmen anstelle des 1090ES Transponders die ADS-B (In & Out) Funktion.

Über einen UAT lassen sich also ADS-B Dienste empfangen, sowie die Informationen über das eigene Luftfahrzeug senden.

Dabei muss grundsätzlich zwischen verschiedenen Ausrüstungsvarianten der UATs unterschieden werden.

Da ADS-B für die Positionsbestimmung ein GNSS-Signal benötigt, muss ein UAT auf einen entsprechenden zuverlässigen und präzisen Sensor zugreifen können. Dazu können UATs über einen bereits integrierten WAAS- bzw. EGNOS-fähigen GNSS-Sensor verfügen.

Ebenso ist es möglich eine bereits im Flugzeug vorhandene zuverlässige GNSS-Quelle mit WAAS-Fähigkeit zu nutzen. Diese Vorgabe erfüllen z.B. Geräte wie Garmin GNS430W/530W, GTN650/750 oder Avidyne IFD440/540/550.

UATs finden sich sowohl als portable Geräte wie auch als Festeinbauten.

Darüber hinaus bieten bereits heute verschiedene Hersteller eine Vielzahl an Zusatzfunktionen zu ihren Geräten an. Das sind u.a. Bluetooth oder WiFi Schnittstellen, mit denen sich empfangene Informationen auf Tablets und Smartphones übertragen lassen. Weitere Hersteller rüsten ihre Geräte mit weiteren nützlichen Funktionen aus oder integrieren ihre Geräte innovativ in andere Bauteile von Luftfahrzeugen, bspw. in die Beleuchtungseinrichtungen und sparen so Gewicht und Installationsaufwand.¹¹

In den USA gibt es bereits eine Vielzahl an zertifizierten Systemlösungen der bekannten Hersteller wie Garmin, BendixKing, TrigAvionics oder uAvionix. ADS-B Systeme, die auf UAT basieren, dürfen dort für VFR- und IFR-Verkehr bis zur Transition Altitude in 18.000ft genutzt werden.

Electronic Conspicuity Device (ECD)

ECD ist ein Sammelbegriff für eine Vielzahl von unterschiedlichen (auch nicht zertifizierten) Geräten zur elektronischen Kollisionsvermeidung.

Dem zertifizierten UAT am nächsten sind dabei Geräte, die auf ADS-B basieren und sich umgangssprachlich wohl am besten als „UAT Light“ beschreiben lassen.

Dafür ist beispielgebend der mit einer integrierten SIL1 GNSS Quelle ausgerüstete Transceiver „SkyEcho 2“ des britischen Herstellers uAvionix¹²

Bei diesem Gerät handelt es sich um einen Transceiver der ADS-B Daten auf 1090MHz sendet (*ADS-B Daten von Luftfahrzeugen auf 978MHz können in Europa von der Flugsicherung und den meisten anderen Luftfahrzeugen noch nicht empfangen werden*) und auf 978MHz Informationen empfängt. Dieses Gerät beruht auf den Anforderungen der britischen CAA CAP 1391 und darf seit dem 19. Dezember 2019 in Großbritannien auch gleichzeitig neben einem Mode-S Transponder betrieben werden.¹³

Derzeit wird dieses Gerät für ca. 500€ vertrieben.

Die FAA-zertifizierte UAT-Version dieses Modells verfügt aufgrund der vorhandenen Infrastruktur in den USA über einen 978MHz Transceiver und 1090MHz Empfänger.

Weitere Hersteller sind an der Entwicklung solcher Geräte interessiert, so nahm bspw. die Firma funke Avionics mit eigenen Prototypen am Project EVA der britischen NATS teil, um die Praxistauglichkeit von ECD Systemen zu untersuchen.

Auf ADS-B im 978MHz-Kanal basierende ECD bieten offensichtlich eine gute Lösungsmöglichkeit die Allgemeine Luftfahrt mit interoperablen Kollisionswarnsystemen zu moderaten Kosten auszustatten.



Li: UAT Modul, re.: ECD SkyEcho der Firma uAvionix
Bilder: uAvionix

¹¹ [uAvionix Skybeacon](#)

¹² [uAvionix Skyecho](#)

¹³ [uAvionix CAA Approval](#)

ADS-B In Device

Des Weiteren sind auch reine ADS-B Empfänger bereits seit längerer Zeit am Markt erhältlich. Diese bieten ebenfalls eine Vielzahl von Zusatzfunktionen, wie beispielsweise integrierte CO-Detektoren oder AHRS im System des Herstellers Sentry.¹⁴

Diese Geräte eignen sich jedoch als Stand-Alone Lösungen nicht zur umfassenden Kollisionsvermeidung, da nur Daten empfangen werden, nicht jedoch die eigene Luftfahrzeugposition gesendet wird. Um hier eine interoperable Kollisionsvermeidung zu ermöglichen sind weiterhin ein (ADS-B Out-fähiger) Transponder und andere Geräte nötig.

ADS-B und Radarinfrastruktur

Um den maximalen Nutzen aus ADS-B ziehen zu können ist die Errichtung einer flächendeckenden Bodeninfrastruktur mittelfristig unumgänglich.

Die Infrastruktur der Flugsicherungen wird bereits allmählich auf ADS-B aufgerüstet. Allerdings möchte man in Europa bisher auch langfristig nicht auf die Abdeckung durch Sekundärradar verzichten.

Der Vorteil des Sekundärradars (SSR) besteht darin, dass das Luftfahrzeug keine externe Datenquelle (GNSS) zur Positionsbestimmung zur Verfügung stellen muss. Die Berechnung der Position erfolgt durch Laufzeitmessung zwischen Transponder und Radarstation, sowie Erfassung des lateralen Winkels und ggf. Korrektur der Schrägentfernung. Diese recht simple Art der Ortung bringt allerdings auch weitere bekannte Nachteile mit sich: So können Luftfahrzeuge nur im Bereich der „Radarkeule“ erfasst werden. Außerhalb dieses eng begrenzten Erfassungsbereichs können Luftfahrzeuge im Schweigekegel, Radarschatten oder unter dem Radarhorizont nicht erfasst werden. Zudem liegt das Updateintervall des Luftlagebildes der meisten SSR-Anlagen bei 6 Sekunden oder mehr. Das kann insbesondere bei schnellen Richtungswechseln von Luftfahrzeugen bspw. zu

doppelten Zieldarstellungen (DUPLI) führen. Weiterhin kann es bei lokalen Ansammlungen von SSR-Zielen (bspw. Formationen, Wettbewerbsfelder) durch Abfragen von einer oder mehreren SSR-Anlagen zu den bekannten FRUIT oder GARBLING Effekten kommen.

Das Mode-S Band ist auch nicht für eine Belastung durch alle Luftfahrzeuge und Luftsportgeräte ausgelegt. Zu diesem Schluss kam auch eine Arbeitsgruppe des BMVI im Jahr 2019. Ebenfalls zu den Nachteilen muss auch die höhere Fehleranfälligkeit z.B. durch Wetterphänomene wie Eis, Starkregen oder Sturm gezählt werden.

Der Vorteil von ADS-B im Vergleich liegt in der zyklischen automatischen Abstrahlung von Luftfahrzeuginformationen. Somit ist nicht nur ein Livebild der Luftlage mit exakter lateraler GNSS-basierter Positionsbestimmung fern der Update-rate von SSR-Anlagen möglich. Durch den Entfall von Abfrageimpulsen und Laufzeitmessung der



Bodenstationen erübrigen sich auch die genannten Fehlereffekte von Sekundärradar. Da eine ADS-B Bodenstation im Wesentlichen nur aus Stabantennen und einem Server besteht, ist dieses Konstrukt auch wesentlich weniger anfällig gegenüber extremen Wetterbedingungen. ADS-B Bodenstationen können darüber hinaus auch mobil eingesetzt werden und benötigen keine vorherige Flugvermessung. Das erleichtert die Luftraumüberwachung bspw. bei Ausfall von Anlagen oder in der Umgebung von Katastrophengebieten

¹⁴ [Senty ADS-B Receiver](#)

oder um andere besonders schutzbedürftige Ereignisse.

Den mobilen Einsatz eines ADS-B Transceivers in Deutschland demonstrierte bereits Garmin erfolgreich im Jahr 2019 für mehrere Monate im Rahmen der Luftfahrtmesse AERO.¹⁵

Darüber hinaus sind ADS-B Bodenstationen wesentlich kostengünstiger zu errichten und zu betreiben als Radaranlagen. Laut der nationalen Flugsicherung Airservices Australia liegen die Kosten einer ADS-B Station bei ca. einem Zehntel verglichen mit einer Radaranlage.

Gleichwohl sind die Flugsicherungsdienstleister primär an einer zuverlässigen ADS-B Abdeckung im Bereich der IFR-Flugführung interessiert. Das schließt den unteren Luftraum bis mindestens 2.000ft GND in weiten Teilen aus.

Um eine effektive Kollisionsvermeidung in der Allgemeinen Luftfahrt und im Luftsport zu erreichen, ist auch dieser untere Bereich des Luftraums von immenser Bedeutung, da sich ein bedeutender Teil des VFR-Flugbetriebs dort abspielt. In diesem Höhenbereich findet der Platzrundenbetrieb an Flugplätzen statt, operieren Luftfahrzeuge von Rettungsdiensten, Polizei sowie Militär und auch Reise-, Rund und Fotoflüge sind dort genauso unterwegs wie Kunstflugzeuge oder Ballone.

Deshalb ist zum einen die Bord-zu-Bord Kommunikation von Kollisionswarngeräten wichtig, zum anderen müssen aber auch relevante Daten der Bodenstationen empfangen werden können. Dazu wird auch im unteren Bereich des Luftraums ein lückenloser ADS-B Empfang nötig.

Eine ausreichende Versorgung allein durch die Flugsicherungsdienstleister ist in diesem Bereich nicht zu erwarten. Daher müssen weitere Datenquellen erschlossen werden, die bereits jetzt potenziell verfügbar sind. Die zu erwartende Fülle an zu übermittelnden Informationen und die kurzen Update-Intervalle sprechen für eine umfassende, providerübergreifende Lösung.

Dabei sind auch Datenquellen außerhalb der ANSP in Betracht zu ziehen. So sollen bspw. die Betreiber von bestimmten Windkraftanlagen gem. § 9 Abs. 8 EEG 2017 in Zukunft verpflichtet werden, technische Einrichtungen für deren bedarfsgesteuerte Nachtkennzeichnung (BNK) vorzuhalten.

Erste Betreiber halten bereits Multi-Sensorsysteme vor, um ein präzises Verkehrslagebild rund um ihre Windkraftanlagen zu erzeugen.¹⁶ Sie nutzen hierzu neben der Auswertung von Mode-S Transpondersignalen u.a. auch ADS-B Signale. Als Nebeneffekt kann dadurch ein weit gespanntes Netz an bodengebunden Transceivern entstehen und sich damit **hervorragend als zuverlässige komplementäre Datenquelle eignen**. Das gilt insbesondere für den unteren Luftraum, der für eine flächendeckende Versorgung mit ADS-B ein weit verzweigtes Netz benötigt. Da diese Windkraftanlagen auch in exponierten Lagen zu finden sind (bspw. Bergkämme) können mit den Transceivern selbst Radarhorizonte oder Abschattungen überbrückt werden. So könnte selbst die Luftfahrt, aus der oftmals nicht ganz unproblematische Koexistenz mit den Windkraftanlagen, einen großen Nutzen ziehen.



Neben den Windkraftanlagen eignen sich potenziell auch Verkehrs- und Sonderlandeplätze als ADS-B Infrastruktur. Schon heute nutzen in Deutschland einige Flugplätze als Informationsquelle frei zugängliche Quellen wie Flightradar24 oder OpenGliderNetwork oder eigene Empfangsstationen die ADS-B, FLARM und Mode S Signale darstellen. In Großbritannien wurden ADS-B Stationen an Flugplätzen der Allgemeinen Luftfahrt bereits umfangreich getestet.

¹⁵ [Garmin UAT zur AERO 2019](#)

¹⁶ [BNK Konsortium](#)

Damit stehen nicht nur zusätzliche Datenquellen für den unteren Luftraum zur Verfügung, damit wird auch das Risiko von Kollisionen in der Umgebung von Flugplätzen reduziert. Für die Testreihe in Großbritannien evaluierte man im Vorfeld, dass 57% der Zusammenstöße in der Luft an oder in der nahen Umgebung von Flugplätzen stattfinden.



Durch eine eigene, kostengünstige, Infrastruktur auch an kleineren Flugplätzen können so Luftfahrzeuge in der Umgebung mit Verkehrsdaten versorgt werden. Ein Überblick der Luftlage für Start-/Flugleiter in der Umgebung kann so bspw. auch helfen, gefährliche Ereignisse wie das Unterfliegen von Windenstarts zu vermeiden oder navigatorische Unterstützung zu leisten, da VDF-Peiler dann nicht mehr zwingend nötig sind.

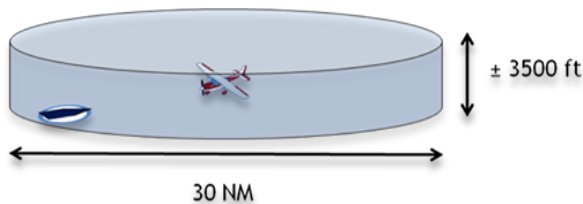
Auch den sog. „AFISO“ werden an den unkontrollierten Flugplätzen mit IFR-Flugbetrieb weitere Möglichkeiten zur Verkehrsinformation eröffnet.



Traffic Information Services – Broadcast (TIS-B)

Als Teil des zum 01.01.2020 geltenden Mandats der FAA steht die Information über anderen Luftverkehr in der Umgebung um das eigene LFZ jedem **kostenlos** zur Verfügung. Dabei erhält der Empfänger Verkehrsdaten aus unterschiedlichen Quellen zu einem Gesamtlagebild zusammengestellt:

„TIS-B uses data from ADS-B, radar, Wide Area Multilateration (WAM), and surface multilateration systems like ASDE-X“¹⁷. Die Informationen zu Zielen werden bedarfsgerecht in einem Radius von 15NM und einem relativen Höhenbereich von +/- 3500 ft hoch gesendet, so dass es einerseits nicht zu einer übermäßigen Belastung der Frequenz kommt und andererseits sämtlicher relevanter Verkehr auch auf dem Display des Piloten erscheint.



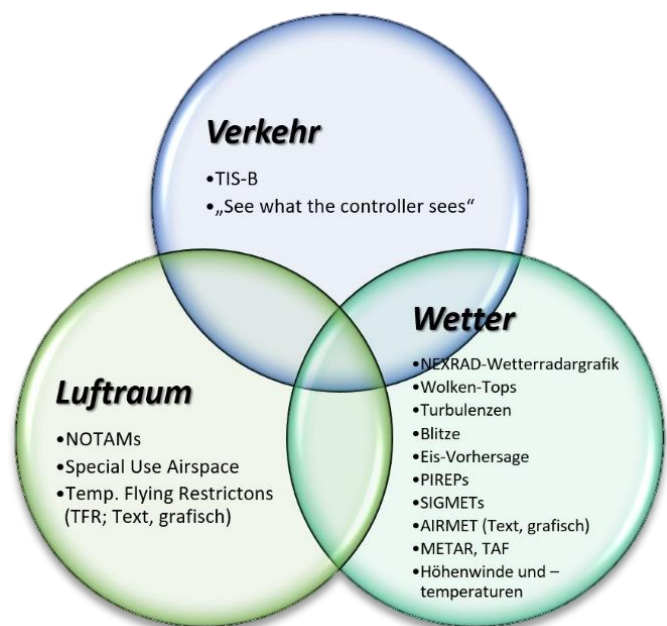
Nicht trivial ist die Tatsache, dass hierzu nicht nur die konventionellen Transponderfrequenzen im Mode-S Band verwendet werden, sondern auch die UAT-Frequenz 978 MHz¹⁸ flächendeckend vom Boden bis Flugfläche 240 ausgesandt wird. Somit stehen diese Informationen auch der Allgemeinen Luftfahrt zur Verfügung, ohne in neue Transponder investieren zu müssen.

¹⁷ [FAA NextGen](#)

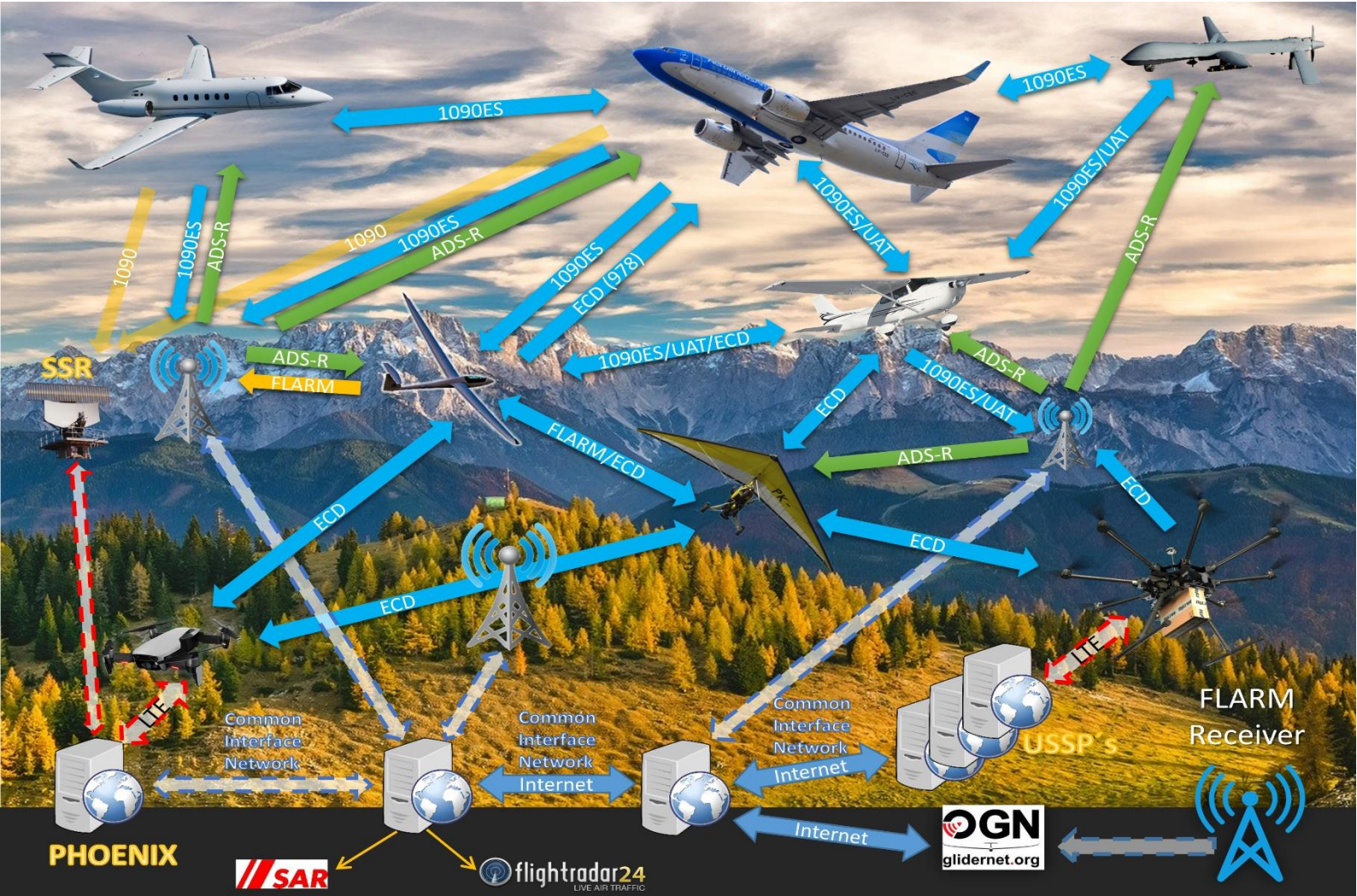
Flight Information Services – Broadcast (FIS-B)

Der Nutzen für den einzelnen Luftfahrer geht aber über die Verkehrsanzeige (TIS-B) hinaus: Ebenfalls gebührenfrei werden in den USA und teilweise auch schon bei Feldversuchen in Europa aktuelle Wetterinformationen und luftraumrelevante Meldungen, wie z.B. NOTAMs ausgestrahlt. Den aktuellen Stand eines Beschränkungsgebiets bekommen Piloten ebenso auf den Displays im Cockpit eingeblendet wie ein Wetterradar-Overlay oder auch Höhenwinde. Dieser, FIS-B genannte Anteil, würde höchstwahrscheinlich die **Anzahl der Luftraumverletzungen** besonders bei temporären Flugbeschränkungen weiter **reduzieren**. Auch BNL-Aktivitäten lassen sich so einfach in Cockpit übertragen. So können bspw. aktive Sprungzonen oder Kunstflugboxen per Knopfdruck ausgestrahlt werden oder der Status von Segelflugsektoren live aktualisiert werden.

Durch die Live Wetterdaten im Cockpit lassen sich auch andere Vorkommnisse reduzieren, die noch immer viel zu oft in den Unfallstatistiken zu finden sind. Das betrifft u.a. den VFR-Einflug in Instrumentenflugbedingungen (VFR in IMC) und den kontrollierten Flug ins Gelände insbesondere in bergigen Regionen (CFIT), Vereisungsregionen und Gebiete mit schweren Turbulenzen.



¹⁸ Diese Frequenz befindet sich, wie SSR, im TACAN Frequenzband.



Beispielhaftes Schema eines interoperablen Netzwerks zur Kollisionswarnung

Preis und Leistung

Die Kosten für die bodengebundene Infrastruktur sind im Vergleich zu heutigen Radaranlagen wie beschrieben deutlich geringer. Der Nutzen dabei aber wesentlich höher. Das Gleiche gilt auch für die Ausrüstung der Luftfahrzeuge.

Die Beschaffung und Installation eines herkömmlichen Mode-S Transponders kostet einen Luftfahrzeughalter im Bereich des Luftsports und Allgemeinen Luftfahrt heute bis zu ca. 5.000€. Damit wird das Luftfahrzeug lediglich mit der Funktion ausgestattet, Position und Rufzeichen abzustrahlen.

Möchte man die Leistungen, die ein ADS-B Transceiver bieten kann hinzufügen, sind teure zusätzliche Avionik und Dienstleistungen unumgänglich. So müssten zur Kollisionsvermeidung neben dem eigentlichen Transponder auch noch zertifizierte (TCAS I) und nicht zertifizierte (FLARM etc.) Geräte eingerüstet werden. Um mit weiteren relevanten Daten versorgt zu werden, bspw. Wetter, sind weitere Investitionen notwendig.

Zusätzlich muss Avionik vorhanden sein, die diese Informationen auch anzeigen kann (GlassCockpit, Traffic Monitor). Die Preise für Kauf und Installation eines solchen Systems liegen bei mehreren Zehntausend Euro, kosten Zuladung und sind in vielen Flugzeugtypen gar nicht erst möglich einzubauen. Hinzukommen Kosten für Abonnements von mehreren hundert Euro jährlich, um Daten per Satellitentelefon (IRIDIUM) empfangen zu können.

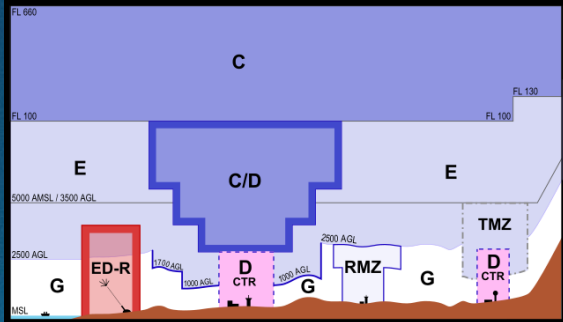
Selbst ein nicht zertifiziertes, begrenzt interoperables System allein zur Kollisionsvermeidung wie PowerFLARM, schlägt derzeit mit rund 2.500€ zu Buche.

Die Kosten für ADS-B Module sind hingegen sehr überschaubar. Zertifizierte Transceiver Module zur Aufrüstung von Transpondern sind bereits ab 1.000€ erhältlich und bieten mehr Leistung als die oben beschriebene Systemkombination. Im (momentan) nicht zertifizierten Bereich sind Transceiver bereits ab ca. 500€ erhältlich.

Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist damit so gut wie nie und trägt zur Akzeptanz der Nutzer bei.

Auswirkungen auf die Luftraumnutzung

Die Luftraumnutzung wird durch ADS-B nicht nur sicherer, es erhöht sich auch die Kapazität des zur Verfügung stehenden Luftraums.



Grafik: Philipp Fischer, CC BY-SA 3.0

Die Allgemeine Luftfahrt ist, der nach Flugbewegungen größte, Nutzer des unteren Luftraums. Bereits jetzt würde sich die Sicherheit im Umfeld aller Flugplätze und Flughäfen erhöhen. Neben der direkten Umgebung von VFR Flugplätzen, sind besonders die Anfluggrundlinien von IFR Flugplätzen und Regionalflughäfen Bereiche, in denen es häufig zu AIRPROX kommt. Auch diese Problematik würde durch interoperable Kollisionssysteme entschärft.

Eine Nutzung von ADS-B Lösungen speziell für die VFR-Luftfahrt in Lufträumen in denen VFR-Verkehr nicht gestaffelt werden muss (D, E, G, F) könnte neben anderen positiven Effekten durch TIS-B und FIS-B zudem einen vorher nicht zugänglichen Luftraum für weitere Nutzergruppen erschließen. Langfristig gesehen können mit einer Ergänzung von SERA, TMZ (Transponder Mandatory Zone) durch einen neuen Luftraum **CMZ (Conspicuity Mandatory Zone)**, ersetzt werden. Das würde den Luftraum bspw. für Hängegleiter oder Gleitschirme öffnen, die bisher in Ermangelung eines Transponders nur über bürokratische Sektorenlösungen oder Betriebsabsprachen Zugang zu TMZ erhalten. Auch anderen Luftfahrzeugen, die über keinen teuren Mode-S Transponder verfügen, würde so eine alternative Möglichkeit zum freien Luftraumzugang gewährt.

Auch an den Schnittstellen zwischen Klein- und Großluftfahrt, bspw. an den E/C Luftraumgrenzen oder der sog. Trennfläche, kommt es immer wieder zu Situationen, die durch Luftraumverletzungen oder die begrenzte TCAS-Logik hervorgerufen werden. Da es hier derzeit an einer technischen Lösungsmöglichkeit mangelt, erfolgt die Trennung des Verkehrs durch Luftraumseparierung. Die IFATCA als weltweiter Verband der Fluglotsenorganisationen stellt in einem Informationspapier für die 58. IFATA Konferenz 2019 fest, dass es im Übergangsbereich zwischen Lufträumen zu Unklarheiten kommen kann, wenn z.B. IFR-Verkehr in einem kontrollierten Luftraum zu anderem Verkehr, der nicht mit der Flugsicherung in Kontakt steht, mit **mindestens 1000 Fuß vertikal gestaffelt** werden soll.

Eine solche (Luft-)raumgreifende Maßnahme wäre für den Luftsport an vielen Stellen existenziell gefährdend. Dieser Entwicklung kann dem heutigen Zeitgeist entsprechend mit moderner Technologie und interoperablen Systemen wie ADS-B entgegengetreten werden.

Fluginformationsdienst (FIS)

An Tagen mit guten VFR-Flugbedingungen kommt der Fluginformationsdienst (FIS) heute schnell an die Grenzen seiner Kapazität. Dabei wird die Frequenz häufig mit „Nebenaufgaben“ wie Anfragen zu Luftraumstatus oder BNL-Aktivitäten belastet. Die Aufgabe der Verkehrsinformation wird dadurch genauso stark eingeschränkt, wie die Kapazität der betreubaren Flüge. Durch die Informationsfülle die ADS-B mit seinen Subsystemen liefern kann, würde im Bereich des VFR-Verkehrs auch der **Fluginformationsdienst deutlich entlastet** werden.



ADS-B – Lessons (already) learnt

Die FAA begleitete die Einführung von ADS-B für die Allgemeine Luftfahrt mit einer breiten Kampagne, lobte für die ersten 20.000 Luftfahrzeugeigenen eine Prämie in Höhe von je 500 USD aus, wenn die Signalintegrität des UAT-Senders durch einen sog. „validation flight“ nachgewiesen wurde. Durch diese Maßnahme konnten auch letzte Zweifel zerstreut werden, die z.B. auch im Zusammenhang mit der Erforschung des ACAS-X-Programms bzgl. der Darstellung nicht-zertifizierter Datenquellen in Cockpits von CS-25-Großflugzeugen vorherrschten.



Tatsächlich sind die Einbaukosten der UAT ADS-B-Out-Geräte vergleichsweise moderat und z.T. mit anderen Funktionen des LFZ verknüpft (z.T. Positionslampe, etc.) und durch Nutzung der WAAS-korrigierten GPS-Signale so präzise, dass sie anderen Einbaulösungen im Praxisbetrieb in nichts nachstehen.

Bei einer Nutzung im europäischen Luftraum wären die Rahmenbedingungen sogar noch besser: Durch gleichzeitige Nutzung eines EGNOS-korrigierten GNSS-Signals sowie des europäischen GALILEO-Systems besteht hier die Möglichkeit, eine autonome Integritätsüberwachung in das System zu implementieren, ohne dieses merklich weiter zu verteuern. Somit können die Signale sowohl beim designierten TCAS Nachfolger ACAS X, anderen ADS-B-Empfängern und auch über TIS-B als gesicherte Positionsdatenquellen zur Verfügung gestellt werden.

Nicht nur in den USA, sondern auch auf dem australischen Kontinent sind ADS-B Stationen bereits nahezu flächendeckend verteilt. Die Motivation zur Errichtung beschreibt die australische Flugsicherungsbehörde beispielsweise wie folgt:

„The total cost of ADS-B ground stations and having operators install ADS-B in their aircraft is significantly lower and provides better long term functionality including the option of ADS-B IN. This option also has synergy with the GNSS program and the recent removal of 179 conventional navigational aids.“¹⁹



Das Problem bei einer flächendeckenden Versorgung des australischen Kontinents mit SSR-Anlagen besteht in deren hohen Kosten sowohl bei der Anschaffung wie auch im Unterhalt. ADS-B ist dort also vor allem eingerichtet worden, um eine flächendeckende Flugführung auch in „Outback“-Regionen zu ermöglichen. Eine dieser Anlagen hat dort eine Reichweite von bis zu 250 NM²⁰ und ist zu einem „signifikant günstigeren Preis“ zu errichten und zu betreiben.

Die Investition in die Sende- und Empfangsinfrastruktur ist auf Betreiberseite überschaubar und wird durch den mittelfristigen Wegfall teurer SSR-Antennen in Teilen des Landes mehr als kompensiert. Auch überwiegt der Nutzen für die Flugsicherungsorganisation im Betrieb erheblich.

In den USA führten ähnliche Überlegungen zu einem Umstieg:

„Why is the FAA transitioning away from radar and towards ADS-B technology?

¹⁹ [AirServices Australia ADS-B Fakten](#)

²⁰ [AirServices Australia ADS-B Abdeckung](#)

ADS-B is an **environmentally friendly technology** that **enhances safety and efficiency**, and **directly benefits pilots, controllers**, airports, airlines, and the public. It forms the foundation for NextGen by **moving from ground radar and navigational aids to precise tracking using satellite signals**.

[...]

ADS-B also provides greater coverage since ground stations are so much easier to place than radar. [...]

The improved accuracy, integrity and reliability of satellite signals over radar means controllers eventually will be able to safely reduce the minimum separation distance between aircraft and increase capacity in the nation's skies.²¹

Nach Untersuchungen der Deutschen Flugsicherung zeigt sich, dass Deutschland flächendeckend in einem Höhenband ab 3.000ft GND mit 23 Stationen redundant zu versorgen wäre, von denen viele an einem schon jetzt von der DFS betriebenen Standort errichtet werden können. Nimmt man nun noch andere mögliche Standorte wie die schon beschriebenen Windkraftanlagen oder auch Sendemasten o.Ä. hinzu, wäre es möglich, ein entsprechendes Netzwerk auch im Luftraum darunter aufzubauen.

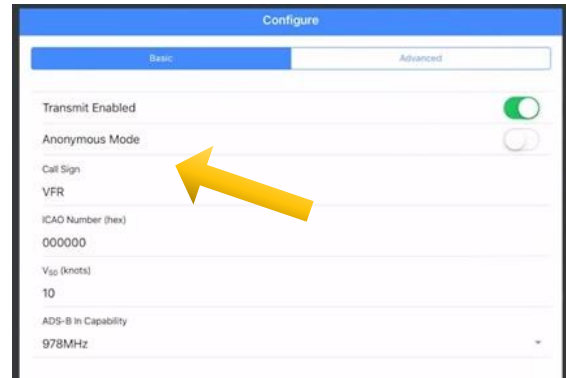
So betreibt die FAA bereits mehrere Bodenstationen an Bord von Ölförderplattformen im Golf von Mexiko²², die im Vergleich zu Radaranlagen kostengünstig zu errichten und wartungsarm zu betreiben sind.

Somit wäre erstmals bei einer europaweit denkbaren Ausrüstung von unbemannten Luftfahrzeugen, sowie Luftsportgeräten als auch der Klein- und Großluftfahrt mit ADS-B ein durchgängiges System verfügbar, welches dem Ziel deutlich näherkäme:

WEIL „JEDER“ SENDET UND EMPFÄNGT, KANN AUCH JEDER SEHEN – UND WIRD GESEHEN!

Auch manche Bedenken bzgl. der Anonymität der Sendung lassen sich entkräften. So verfügen die

meisten Apps, mit denen heute verfügbare Sender ausgestattet sind, über eine Funktion, mit der ein anonymer Modus eingeschaltet wird. Hierdurch können Portale, wie z.B. flightradar24 das Kennzeichen nicht mehr abgreifen, während das Signal weiter zur Kollisionsvermeidung verwendet werden kann.



Der Gedanke einer möglichst simplen technischen Umsetzung ist nicht neu. In Großbritannien bspw. wurde an Low Power ADS-B Transceivern (LPAT)²³ geforscht, der sich jedoch schlussendlich nicht durchsetzen konnten. Die damaligen Überlegungen zum Start des Programms hingegen gelten heute mehr denn je und werden vom damaligen Vertreter der britischen NATS hier erläutert:



Aus der Retrospektive lässt sich gleichwohl die Weitsichtigkeit der damaligen Workshops, die unter Beteiligung der Interessenverbände stattfanden, attestieren. Der Gedanke

²¹ [FAA NextGen](#)

²² [FAA NextGen](#)

²³ [NATS Project EVA](#)

„WIE LÄSST SICH DER ZWECK (KLEINFLUGZEUGE – UND SPÄTER DROHNEN – SOWOHL FÜR DEN LOTSEN WIE AUCH UNTEREINANDER SICHTBAR MACHEN) MIT DEM GERINGSTEN (KOSTEN-) AUFWAND REALISIEREN?“

wurde hier konsequent den weiteren Überlegungen vorangestellt und bei Einführung durch eine Marketing-Kampagne sinnvoll ergänzt.

Hierbei setzte man auf eine **Kombination** von neuen Anzeigen in GA-Cockpits bspw. einem iPad mit der Software „sky demon light“, wodurch die Anzahl der Luftraumverletzungen bei den Nutzern signifikant gesenkt werden konnte, und einem „traffic sensor“, der sowohl sendete als auch Positionsdaten anderer LFZ empfing und auf dem iPad zur Anzeige brachte.

Man erreichte also zwei Ziele auf einmal:

- Verringerung der Luftraumverletzungen durch Warnanzeige im Cockpit
- Kollisionsvermeidung durch Lotsenintervention **und** gegenseitige elektr. Sichtbarkeit

Das Konzept „**see, BE SEEN, and avoid**“ der britischen Luftfahrtbehörde CAA sah zu diesem Zweck erstmals die breite Nutzung von ECD's vor, so dass sich die Frage ergab, wie nicht mit Mode-S Transpondern ausgestattete LFZ, denen keine ICAO-Adresse zugeordnet war, eindeutig adressiert werden konnten. Dies löste die CAA pragmatisch durch eine eigene Vergabestelle.²⁴

Zur Qualität und Nutzbarkeit der ADS-B-Signale sei Folgendes vermerkt: Beispielgebend ist hier ein veröffentlichter Untersuchungsbericht der BFU.²⁵ Ein Offshore-Helikopter flog von einer Versorgungsplattform in der Nordsee kommend, zwischen Juist und dem Festland. Hierbei kam es beinahe zu einem Einflug in die See, der erst in ca. 20ft GND beendet werden konnte. Bzgl. der Datenquelle der Positionsaufzeichnungen vermerkte der Untersucher:

„Der Flugweg des Hubschraubers wurde mittels Radar (DFS) und ADS-B-Ausstrahlung (FlightRadar24) aufgezeichnet. Die Radaraufzeichnung sowie die FlightRadar24-Aufzeichnungen lagen der BFU zur Auswertung vor. [...]

Weitere Radarerfassungen seitens der DFS bis zur Landung des Hubschraubers in Emden konnten der BFU nicht zur Verfügung gestellt werden. Dagegen hatte FlightRadar24 ADS-B-Daten vom Start bis zur Landung in Emden erfasst.“

Dem Laien wird es schwerlich zu vermitteln sein, dass wie in diesem Beispiel die Flugsicherungsorganisation mit ihrem SSR-Verbund nicht in der Lage ist, ausgestrahlte ADS-B-Signale auszuwerten und somit Flugbewegungen über Deutschland vollständig zu erfassen, während ein kommerzieller schwedischer Anbieter einer Website durch seinen Antennenverbund von ADS-B-Empfängern auf den Dächern von Privatpersonen zur Datenquelle für Flugunfalluntersucher wird.

Der Gedanke, nur der Lotse „sieht“ das gesamte Verkehrsbild, während der Pilot als „last line of response“ auf das Prinzip „see-and-avoid“ zurückfällt, ist schlichtweg überholt.

Hier setzt ADS-B an: durch direkten Empfang der Signale anderen Verkehrs, abgestützt durch TIS-B bzw. ADS-R, wird der Pilot in die Lage versetzt, rechtzeitig taktische Ausweichentscheidungen treffen zu können.

Sämtliche bisher in Europa am Markt verfügbaren Geräte, die hier verbreitete Quellen empfangen und zur Anzeige bringen (z.B. FLARM, pilotAware), haben einen entscheidenden Nachteil: Sie senden nur mit geringer Leistung innerhalb ihrer Insellösung oder benötigen vielfältige Systemerweiterungen.

ADS-B hingegen setzt sich in immer mehr Regionen der Welt durch. Dabei darf Europa nicht weiterhin die rote Laterne halten.

²⁴ [CAA über ECD](#)

²⁵ [BFU Untersuchungsbericht](#)

Unbemannte Luftfahrt

Ein kurzer Aus- und Einblick



Was sich im Jahr 2019 bei der rasanten Entwicklung des Luftraums für die Drohnennutzung getan hat, ist ganz vorsichtig gesagt, schon sehr bemerkenswert.

Nach Maßgabe der EU-Kommission sollte innerhalb nur eines(!) Jahres eine komplette EASA-Regulierung geschaffen werden, welche die Luftraumnutzung durch Drohnen komplett außerhalb von SERA regeln soll. Das ist nicht nur ein Bruch mit der bemannten Luftfahrt, sondern auch mit dem bisherigen Regulierungsprozessen wie wir sie von der EASA kennen. Selbst das Flugverkehrsmanagement der Flugsicherung, sollte nach dem Willen der ersten Verlautbarungen komplett außen vor sein.

Die sinnvolle und von allen fachkundigen Seiten gewünschte zeitnahe Einführung eines einheitlichen Standards zur technischen Kollisionsvermeidung muss zeitnah vorangetrieben werden. Die Interessen einzelner Luftraumnutzer sind von teils gegensätzlichen Vorstellungen geprägt und auch die regulierenden Behörden weisen noch keinen eindeutigen Weg.

U-Space ist der Oberbegriff für die Regulierung der Luftraumnutzung durch unbemannte Luftfahrzeuge.

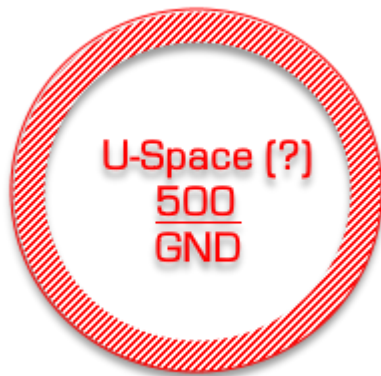
U-Space Airspace bezeichnet das eigentlich genutzte Luftraumvolumen durch unbemannte Luftfahrzeuge.

U-Space Serviceprovider sind die Dienstleister für das unbemannte Flugverkehrsmanagement und stellen Infrastruktur zur Verfügung.

Mit den Drohnen drängt ein neuer „Player“ auf Zugang zum Luftraum, den eigens dafür geschaffenen U-Space, und dies mit beeindruckender Wucht. In der Tagespresse ist das Thema „Drohnen“ omnipräsent; nahezu jeden Tag werden neue Projekte vorgestellt; ist von hohen, zukünftigen Gewinnmargen die Rede und so entsteht der Eindruck eines regelrechten Goldrauschs, bei dem viele Investoren möglichst schnell die (eigenen) Standards setzen wollen, denen die bemannte Luftfahrt künftig unterliegen könnte.

Nach dem Willen eines Industrieworkshops bei der EASA sollte der unterste Luftraum bis 500 Fuß Höhe flächendeckend im EASA-Gebiet zum Drohnenluftraum erklärt werden.

Der flächendeckende Ansatz flog zwar wieder aus den Entwürfen heraus, jedoch muss allein schon aus Gründen der Flugsicherheit ein Fluggebiet für Drohnen geschaffen werden. Und da man mit den klassischen Luftraumkategorien bei diesem Anwendungsprofil nicht weit kommt, sollten diese Lufträume als ED-Rs ausgewiesen werden. Dieser ED-R Teppich würde auch das Ende der freien Luftraumnutzung bedeuten.



Regulatorisch ist insb. die EASA in der Pflicht und bereits seit Jahren aktiv, um Regelwerke anzupassen und wo erforderlich, neue zu schaffen. Bisweilen jedoch entsteht der Eindruck, die Akteure aus Wirtschaft und Industrie hätten das Ruder übernommen, ohne sich Rat aus Reihen der etablierten Gremien zu beschaffen, die bereits seit Jahrzehnten und durchaus erfolgreich an der Erhöhung der Sicherheit im Luftverkehr nicht zuletzt durch aktive Beteiligung am Gesetzgebungsverfahren mitwirken.

So hatten die ersten Entwürfe der künftigen „U-Space-Regulation“ dann auch völlig praxisferne und zum Teil sicherheitsgefährdende Regelungen zum Inhalt, so dass sich der Deutsche Aero Club, die Vereinigung Cockpit sowie Deutscher Hubschrauber Verband und die Bundesvereinigung fliegendes Personal der Polizei veranlasst sahen, im Oktober 2019 einen Offenen Brief an die zuständige EU-Kommissarin für Verkehr zu senden und zu einem fairen Umgang unter Luftfahrern aufzurufen:

*“We need to keep the skies open to everyone, but the goal of safe, affordable and fair integration of unmanned aviation into the airspace can only be attained with the knowledge and professionalism of the existing aviation community”.*²⁶



Die Mitgliedsstaaten sind aufgefordert, die Grundlage für eine Informationsplattform zu schaffen, die es auf digitalem Wege ermöglicht geeignete Verkehrsinformationen bereitzustellen – und zwar mithilfe eines offenen Protokolls. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass Kollisionsvermeidung mit Drohnen nur durch elektronische Sichtbarkeit der Verkehrsteilnehmer, und eben nicht mittels See and Avoid gelingen kann:



Grundvoraussetzung für das Gelingen des Zustandekommens der elektronischen Kollisionswarnungen im obigen Video sowohl auf Seiten des Drohnen-Operators wie auch im Cockpit des Piloten war die Verwendung eines einheitlichen Kommunikationsstandards, hier eben FLARM.

²⁶ [Offener Brief der Luftfahrtorganisationen](#)

Da FLARM jedoch, wie zuvor dargestellt, sein Protokoll nicht offen und frei verfügbar macht, erfüllt es möglicherweise nicht die Forderung nach offenen Protokollen der künftigen Regulierung für den untersten Luftraum bzw. den U-Space.

Wenngleich die Regulierung zum U-Space zweifellos noch einiger Überarbeitung bedarf, folgt er dennoch der wichtigsten Forderung von Deutscher Aero Club und AOPA Germany:

Die unbemannte Luftfahrt weicht der bemannten Luftfahrt stets aus!

Es ist Aufgabe der U-Space Service Provider und vor allem der Drohnen-Steuerer, dafür Sorge zu tragen, dass im Luftraum operierende Drohnen rechtzeitig ausweichen, bevor bspw. ein Hubschrauber oder auch ein außenlandendes Segelflugzeug ihren Flugweg kreuzen.

Im Betrieb mit Drohnen vereinfacht sich der Einsatz von ECD sogar noch dadurch, dass auch die kleinste Drohne bereits einen hochempfindlichen GPS-Sensor an Bord hat und dadurch die eigentliche Sendeeinheit noch weiter miniaturisiert werden könnte. Die Kosten für die Einrüstung würden im Gesamtsystem Drohne schließlich nicht mehr ins Gewicht fallen, vor allem dürften sich die Hersteller aber schnell auf dieses System einlassen, weil der Marktführer, DJI (SZ DJI Technology Co., Ltd.), ab dem 1.1.2020 und damit parallel zum ADS-B-Mandat in den USA, alle neuen Drohnen ab 250g weltweit und serienmäßig mit einem ADS-B-In-Empfänger ausstatten wird (Marketingname: AirSense).

Wenngleich auch nicht davon auszugehen ist, dass alle unbemannten Drohnen zur Ortung dem ADS-B Standard folgen werden, ist hier der interoperable Ansatz umso wichtiger.

Vermutlich werden sich v.a. die kleineren Drohnen im untersten Luftraum über Mobilfunk mit den U-Space Service Providers und Betreiberunternehmen in Kontakt befinden und ihre Position

über Netzwerkknoten (CIF) bekannt geben. Trotzdem darf auch hier die Bord-zu-Bord Kommunikation nicht ganz außer Acht gelassen werden. Denn auch in denkbaren Einsatzbereichen der Kleindrohnen in Innenstädten oder Katastrophengebieten bewegen sich regelmäßig bemannte Luftfahrzeuge von Rettungsdienst, Polizei und Militär.

Gleiches gilt bspw. für Außenlandungen von Segelflugzeugen oder Ballons, welche nicht vorhersehbar sind.

Auch hier muss eine effektive Kollisionsvermeidung dringend gegeben sein, da sich eine Separierung durch Lufträume in den meisten Fällen nicht realisieren lässt.

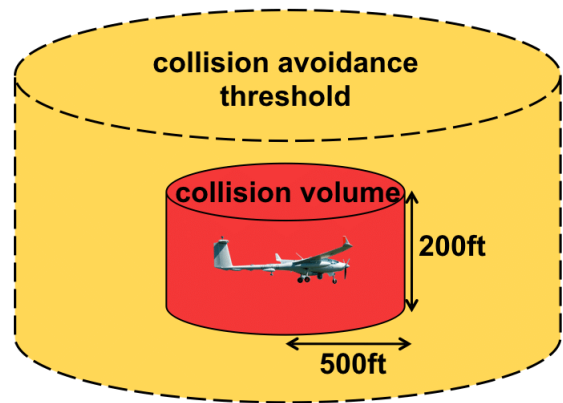


Abb.: Beispiel eines Schutzluftraumes um ein bemanntes Flugzeug aus der Veröffentlichung zur DASC 2016.²⁸

Anders hingegen sieht es bei UAV in größeren Flughöhen und bemannten Lufttaxi aus. Diese Fluggeräte werden sich regelmäßig im Luftraum aufhalten, der von der herkömmlichen bemannten Luftfahrt überwiegend genutzt wird.

Dort ist die Interaktion zwischen allen Luftfahrzeugkategorien besonders wichtig und man wird um einen Standard wie ADS-B auch dort nicht herumkommen. Das zeigt auch die Entwicklung die mit dem ADS-B-fähigen ACAS Xu bereits fortschreitet.^{27 28}

²⁷ [ACAS Xu in der US Navy](#)

²⁸ [Guido Manfredi, Yannick Jestin. An Introduction to ACAS Xu and the Challenges Ahead. DASC, 2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference, Sep 2016, Sacramento, United States. pp.ISBN: 978-1-5090-2524-4. fhal-01638049f](#)

Final Approach



Die Interessenlagen der verschiedenen Akteure und Luftraumnutzer zum Thema Kollisionsvermeidung sind höchst unterschiedlich. Einerseits finden im europäischen Regulierungsprozess nicht nur die Vertreter der 27 Mitgliedsstaaten Gehör, hier sind zudem Wirtschaftsvertreter ebenso wie Interessenvertreter unterschiedlichster Strömungen aktiv. Zudem existieren etablierte Gremien, Organisationen und Behörden auch auf nationaler Ebene, die diese Regelungen auch umsetzen müssen.

Während sich die einen möglichst große Freiheiten im Luftraum wünschen, erwarten die anderen exklusiven Zugang zu weiten Teilen des Luftraums und wieder andere wollen die bestmöglichen Rahmenbedingungen zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit schaffen.

Allen gemein ist, dass sie ihre eigene technische Lösung bzw. den eigenen Standard, teils seit Jahrzehnten, in Betrieb haben. Eine Etablierung dieser Einzellösungen in den jeweils anderen Teilen der Luftfahrt scheint nicht möglich und eine

gemeinsame Lösung wurde bislang nicht gefunden. An dieser Stelle dreht man sich bereits seit einiger Zeit im Kreis.

Es muss nun also nach einem Kompromiss gesucht werden, der für möglichst viele Teilnehmer am Luftverkehr tragfähig ist und am Ende ihre Interessenlagen und operativen Notwendigkeiten weitgehend berücksichtigt. Dabei ist die Etablierung einer funktionierenden Kollisionsvermeidung klassische Gefahrenabwehraufgabe, also eine Aufgabe im Rahmen der erweiterten Daseinsvorsorge des Staates. Ebenso wie im Straßenverkehr durch das Aufstellen von Stopp-Schildern oder Ampeln ist der Gesetzgeber hier gefordert, regulatorisch einzugreifen.

Dabei ist die gute Nachricht, dass das Rad gar nicht neu erfunden werden muss. Es existieren, wie dargestellt, bereits genügend funktionierende (Teil-) Lösungen, die noch zu einem Gesamtsatz vereint werden müssen.

Projekt unter realen Bedingungen

Der Deutsche Aero Club plant dazu mit dem Bundesausschüssen Unterer Luftraum, Flugsicherheit und Technik und weiteren Partnern an der Ausgestaltung eines praxisorientierten Feldversuchs am Forschungsflugplatz Aachen-Merzbrück unter Leitung der Fachhochschule Aachen, Fachbereich Luft- und Raumfahrttechnik. Das Projekt soll eine Vielzahl an relevanten Punkten für eine Steigerung der Flugsicherheit im Luftraum untersuchen:

- Nutzbarkeit von ADS-B & ECD air-to-air und ground-to-air zur Kollisionswarnung in einem Netzwerk für die Allgemeine Luftfahrt, Luftsport und unbemannte Luftfahrt unter Beachtung eines zukünftigem Datenlinks zur Großluftfahrt (ACAS X)
- Nutzbarkeit der technischen Lösungen bis zu 500kts Näherungsgeschwindigkeit (Theoretisch höchste Rate ziviler Lfz im Luftraum E)
- Zuverlässigkeit der technischen Lösungen auch im untersten Luftraum (U-Space), v.a. im Hinblick auf Hubschrauber, außenlandende Segelflugzeuge und Ballone
- Notwendige Signalqualität zur effektiven Kollisionswarnung (Source Integrity Level)
- Einbindung von diversen Verkehrsdaten aus unterschiedlichen Systemen (Mode S, UAT, FLARM, Mobilfunk)
- Möglichkeiten zur Interoperabilität der unterschiedlichen Kollisionswarnsysteme über einen Netzwerkknoten am Boden (ADS-R)
- Möglichkeiten zur Übertragung von weiteren flugsicherheitsrelevanten Daten wie NOTAMS, Wetter etc.
- Frequenzbelastung bzw. deren Reduzierung im Mode S Band bei Nutzung von ADS-R
- Nutzung der Luftlageinformationen im Fluginformationsdienst an Startplätzen, Flugplätzen & Heliports

Das Ziel der Untersuchung ist es, an die Ergebnisse der britischen Untersuchungen anzuknüpfen und auch Detailfragen zu klären, wie z.B. Erfordernisse von Warnzylindern um Segelflugzeuge im Gegensatz zu schnellen motorgetriebenen LFZ. Dabei gilt der Grundsatz, dass ein Kollisionsvermeidungssystem die Flugbedingungen im Luftraum E vollständig abdecken können muss.

Auch die Interoperabilität bzw. der Datenaustausch diverser Systeme unter Nutzung von multimodularen Transceivern am Boden soll getestet werden.

Um vielfältige Umgebungsbedingungen zu schaffen, sollen dazu zeitgleich verschiedene Luftfahrzeugkategorien eingebunden werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen anschließend zur Verfügung gestellt werden.

Auch die EASA sieht die zeitliche Dringlichkeit zur Einführung von den dort so betitelten „iConspicuity devices“, weil diese erst die Grundlage zur Integration von Drohnen in den Luftraum schaffen.

Das erfordert allerdings den Willen des Gesetzgebers, als Vorreiter pragmatisch voranzugehen und die evident beste Lösung endlich umzusetzen.

Die Avionikhersteller

Die Stückzahlen der Geräte sind (noch) gering, die europäischen Hersteller zumeist spezialisiert und als kleine und mittlere Unternehmen nur bedingt investitionsfähig. In zahlreichen Gesprächen konnten wir herausfinden, dass sie einen einheitlichen Standard benötigen, an dem man sich orientieren kann.

Die meisten Hersteller verkaufen seit Jahren Geräte, die verschiedene Sensorsysteme kombinieren. Ein Beispiel ist das Kombinationsgerät LX9000 von LxNav, wie es zunehmend in Segelflugzeugen Verwendung findet. Neben der Darstellung von Verkehrsinformationen, bietet dieses Gerät bereits Funktionen an, die den weiteren ADS-B Diensten sehr ähneln. Da in Europa jedoch

bspw. keine Wetterdaten über FIS-B ausgestrahlt werden, hat man sich hier mit einer WiFi-Schnittstelle beholfen: über das Mobiltelefon des Piloten werden Wetterinformationen abgerufen, sobald das im Fluge Netzempfang hat. Der Bedarf an solchen Updates im Fluge ist nicht nur bei Segelfliegern groß. NOTAMs u.Ä. können ebenfalls per WiFi in das Gerät geladen und in die Kartenanzeige integriert werden.

Zur Kollisionsvermeidung lassen sich bei diesem Gerät FLARM und ADS-B über rückseitige Anschlüsse einbinden. Der Hersteller gab an, über Software-Anpassungen problemlos auch einen UAT oder andere ECD einbinden zu können – ein Hook-On-Device für die unbemannte Luftfahrt ist hingegen bereits hardwareseitig nicht zu integrieren. Ein Datenaustausch zur Kollisionsvermeidung nur über das Mobilfunknetz für die bemannte Luftfahrt findet hingegen keine breite Beachtung. Die Integration von ECD's in Drohnen empfinden viele Hersteller als sinnvoll und technisch gut umsetzbar.

Die amerikanischen Hersteller, wie z.B. Garmin sind bereits einen guten Teil des Weges gegangen. Ihre Geräte sind wegen des ADS-B-Mandats in den USA schon jetzt allesamt mit 1090ES bzw. UAT kompatibel – sich also schnell auf einen europäischen Standard zu einigen, würde dazu beitragen, den Rückstand der europäischen Avionikhersteller schrumpfen zu lassen.

Dabei muss auf die europäischen Besonderheiten Rücksicht genommen werden. Dazu zählt bspw. die weite Verbreitung von FLARM, welche nicht außer Acht gelassen werden kann. Jedoch muss FLARM an der Evolution von ADS-B partizipieren. Denn ADS-B fähige Transponder, UAT und andere ECD können die Funktionalität ebenso, wenn nicht gar besser, darstellen. Weil ADS-B im 1090MHz und 978MHz Band auch Bord-zu-Bord funktioniert und mit der gleichen hohen Genauigkeit sowie Anzahl an Aktualisierungsintervallen in Echtzeit D-GPS-Trajektoriedaten ausstrahlt, können Algorithmen wie bereits jetzt auch zur Kollisionsvermeidung genutzt und die bisherige Anzeigesymbolik vollständig übernommen werden. Der Programmieraufwand entsteht also im Wesentlichen an der Sensor-Schnittstelle.

Mit fortschreitender Zeit werden sich mehr und mehr Halter mit neuer Kollisionsvermeidungstechnologie eindecken, weil ihnen die Wichtigkeit des Themas immer weiter bewusst wird. Dabei darf aber keinesfalls ein Flickenteppich an unterschiedliche funktionierenden Kollisionswarnsystemen entstehen, sondern es muss zeitnah ein gemeinsamer Standard her.

Auch wenn, nach den Worten eines Herstellers, ADS-B „am Ende eine Bereicherung für alle“ wäre, sind die Bedenken bezüglich einer sich von allein auf europäischer Ebene entwickelnden Einsicht groß. Es wird befürchtet, dass der Findungsprozess so lange fort dauert, dass in einem Zwischenzeitraum eben doch Sperrgebiete für die bemannte Luftfahrt eingerichtet werden müssen und andere Lufträume weiter ausgedehnt werden. Dies gilt es vor dem Hintergrund der dargestellten nutzbaren Alternativen sowie der nicht unproblematischen rechtssicheren Umsetzung zu verhindern.

ADS-B scheint in der Kombination 1090ES, UAT/ECD und ADS-R **alternativlos** und der Herausforderung der Interoperabilität gewachsen.

Erforderlich ist also, dass Deutschland als führendes Hochtechnologieland mit langer Luftfahrttradition voranschreitet. Wir betrachten die Rahmenbedingungen hierfür als günstig.

Ein standardisiertes und interoperables System hat das Potential die Möglichkeiten der freien Luftraumnutzung zu erweitern, das vorhandene Luftraumvolumen besser zu nutzen und gleichzeitig die Flugsicherheit zu erhöhen.



Dortmund

Monitor: 125.225
Squawk: 6102

Friedrichshafen

Monitor: 119.925
Squawk: 2677

Hahn

Monitor: 125.600
Squawk: 0424

Hamburg

Monitor West: 134,250
Monitor N/S: 136,675
Squawk: 4671

Hannover

Monitor: 131,325
Squawk: 4676

Leipzig

Monitor: 126.175
Squawk: 4404

Memmingen

Monitor: 129.450
Squawk: 4404

Nürnberg

Monitor: 129.525
Squawk: 4404

Münster

Monitor: 129.300
Squawk: 6104

Paderborn

Monitor: 125.225
Squawk: 6102

Weeze

Monitor: 128.500
Squawk: 6101

Wittmund (HX)

Monitor: 131,015
Squawk: 4472

Dresden

Monitor: 125.875
Squawk: 4410



Denke dran:

- Die Hörbereitschaft ist verpflichtend
- Setze den Squawk für die TMZ im Mode S
- Drehe die Frequenz ein und bleibe hörbereit, kein Einleitungsanruf
- Squawk 7000 wenn du Frequenz oder TMZ verlässt

Die Hörbereitschaft ist keine:

- Freigabe in kontrollierten C oder D Luftraum
- ATC oder FIS Dienstleistung
- Wenn du Unterstützung oder Freigaben benötigst, rufe FIS oder die entsprechende ATC-Frequenz

Zusammenfassung

1. ADS-B ist ein weit entwickelter offener Standard, welcher durch den weitaus größten Teil der Luftfahrzeuge ebenso wie teilweise durch Drohnen gleichsam genutzt werden kann. Es ist bereits in weiten Teilen der Luftfahrt im Einsatz, zukunftstauglich und kann einen internationalen Standard in der Allgemeinen Luftfahrt setzen.
2. Eine Kommunikation unter allen Luftfahrzeugkategorien ist, auch unter Zuhilfenahme von ADS-R und bereits verbreiteten Technologien, essenziell.
3. TIS-B und FIS-B müssen ein Bestandteil der ADS-B Dienste sein. Ihre Bereitstellung stellt einen wesentlichen Beitrag zur Flugsicherheit dar und muss flächendeckend zur Verfügung gestellt werden. Die hierzu notwendigen Anlagen sind und unter Einbeziehung aller möglichen Antennenstandorte, wie z.B. existierender SSR-Anlagen oder Windkraftanlagen (BNK) zu errichten.
4. Dienste die relevant für die Flugsicherheit sind (z.B. TIS-B/FIS-B) müssen frei verfügbar sein. Keine Abonnementkosten oder Verbindungsgebühren.
5. ADS-R muss selektiv abgestrahlt werden. Die Aussendung sollte dabei nur den Verkehr beinhalten, der für den weiteren Flugverlauf des LFZ von Relevanz sein wird.
6. Für die ausschließliche Nutzung im Bereich des Luftsports bzw. VFR-Luftfahrt ist ein vereinfachter EASA-Standard (i.S.d. GA Roadmap) für nicht proprietär verschlüsselte ADS-B Geräte erforderlich, an dem sich Avionikhersteller orientieren können.
7. Außerhalb von VFR/IFR staffelungspflichtigen Lufträumen sollten entsprechend zertifizierte UAT/ECD den Mode-S Transponder in VFR betriebenen Luftfahrzeugen langfristig ersetzen können.
8. Über die breite Nutzung der UAT-Frequenz 978Mhz kann unter bestimmten Voraussetzungen einer Überlastung des Mode-S Band begegnet werden.
9. Die Akzeptanz der Nutzer muss gegeben sein. Das geschieht nur, wenn die Vorteile offensichtlich sind. Dies schließt Fördergelder mit ein.
10. Für die freiwillige Erstausrüstung mit entsprechenden ADS-B Geräten sollte eine Prämie pro Luftfahrzeug ausgebaut werden. Dafür kann nach US-Vorbild ein Validierungsflug durchgeführt werden. Geräte, die neben D-GPS auch GALILEO zu RAIM-Zwecken nutzen, können dann nach Freigabe eine höhere Integritäts-Kennziffer (SIL) aussenden. Ziel ist es, dass bei Neueinrüstungen von Kollisionswarnsystemen (ACAS X) in CS-25 Großflugzeugen mit UAT/ECD ausgerüstet Luftfahrzeuge unmittelbar angezeigt werden können.

11. Es ist ein offenes Netzwerk zur Erzeugung der Verkehrslagebilder bereitzustellen. Es muss offene Schnittstellen für verschiedene Sensorsysteme (ADS-B, Mode S, FLARM, LTE etc.) zur Integration von deren Positionsdaten vorhalten und allen berechtigten Nutzern wie den U-Space Service Providern, aber auch Netzwerken wie OGN das Verkehrslagebild in Echtzeit bereitstellen.

12. Der Luftraumnutzer „Drohne“ ist in alle Überlegungen mit einzubeziehen. Entscheidend ist der Kommunikationskanal zur Drohne hin – erkennt diese ein bemanntes Luftfahrzeug, hat sie auszuweichen.

13. Hersteller von Kollisionswarnsystemen für Drohnen, sollten in jedes ihrer Geräte einen ADS-B-In Empfänger sowohl für 1090ES als auch UAT integrieren.

14. Es ist eine europaweit einheitliche Vergabemethode für hexadezimale 24-Bit-ICAO-Codes für UAT-Sender in LFZ ohne Transponder durch die zuständigen Behörden zu etablieren.

15. Eine geförderte und freiwillige Ausrüstung mit 1090ES/UAT/ECD im Luftsport ist einer direkten Verpflichtung zu bevorzugen.

16. Eine Verpflichtung zur Ausrüstung von Kollisionswarnausrüstung in der Allgemeinen Luftfahrt darf nicht, wie bei Mode-S oder 8,33kHz, pauschal nach dem Vorbild der Großluftfahrt erfolgen. Verpflichtungen müssen in einem ausgewogenen Verhältnis zu Nutzen und vereinfachten Standards für die Allgemeine Luftfahrt und den Luftsport stehen und Ausnahmen für bestimmte Kategorien von Luftfahrzeugen und Luftsportgeräten zulassen.



Glossar

ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast

AHRS

Altitude Heading Reference System

AIRROX

Aircraft Proximity

BNK

Bedarfsgerechte Nachtkennzeichnung von Windkraftanlagen

CIF

Common Information Function

CRISTAL

Co-operative Validation of Surveillance Techniques and Applications

DFS

Deutsche Flugsicherung

D-GPS

Differential GPS

EGNOS

European Geostationary Navigation Overlay Service

FRUIT

False Replies Unsynchronous in Time

FANET

Flying ad-hoc Networks

GALILEO

Europäisches globales Satellitennavigations- und Zeitgebungssystem

GARBLING

Überlappung von Antworten von zwei oder mehreren Transpondern

GNSS

Global Navigation Satellite System

iCAS

iTEC Center Automation Systems

LTE

Long Term Evolution

MAC

Mid-Air Collision

MLAT

Multilateration

OGN

Open Glider Network

PHOENIX

Multifunktionales System zur Radardatenverarbeitung der Deutschen Flugsicherung

RAIM

Receiver Autonomous Integrity Monitoring

SIL

Source Integrity Level

SSR

Secondary Surveillance Radar



DEUTSCHER AERO CLUB

BUNDESAUSSCHUSS UNTERER LUFTRAUM

Vorsitzender

Habbo Brune
h.brune@daec.de
www.daec.de

Bundesgeschäftsstelle

Michael Morr
m.morr@daec.de
www.daec.de

Büro Luftraum und Flugsicherheit: 0531 235 40 50

Ansprechpartner Sparten & regionale Multi-Luftsportverbände



Freiballon

Uwe Brüggenkamp
u.brueggenkamp@daec.de
www.dfsv.de



Region Nord

Andreas Peus
a.peus@daec.de



Ultraleicht

Jens-Uwe von Berg
ju.berg@daec.de
www.daec.de



Region Ost

Jürgen Nickel
j.nickel@daec.de



Fallschirm

Ralph Schusser
r.schusser@daec.de
www.dfv.de



Region West

Björn Bräuer
b.braeuer@daec.de



Modellflug

Klaus-Günter Horn
k.horn@daec.de
www.mfsd.de



Region Süd-West

Peter Schmitt
p.schmitt@daec.de



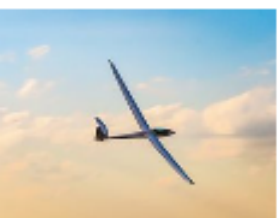
Motorflug

Matthias Podworny
m.podworny@daec.de
www.daec.de



Region Süd

Helmut Montag
h.montag@daec.de



Segelflug

N.N.
segelflug@daec.de
www.daec.de



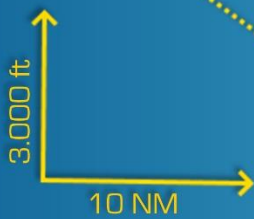
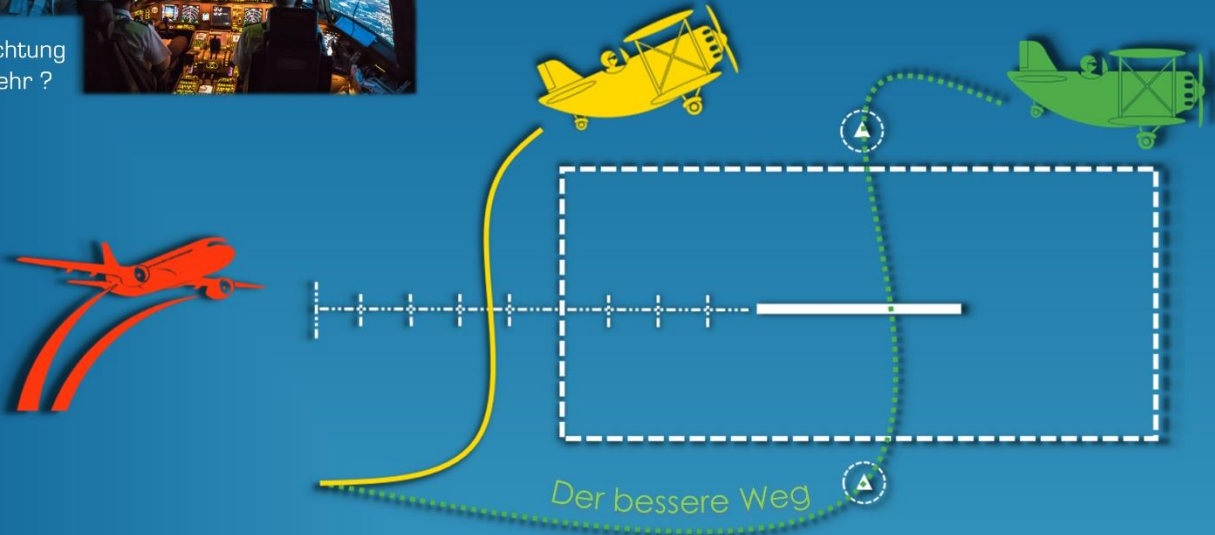
Region Süd-Ost

a.i. Michael Morr
m.morr@daec.de

Sicher durch die Anfluggrundlinie!

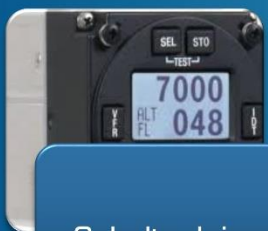


Luftraumbeobachtung
Wer sieht mehr ?

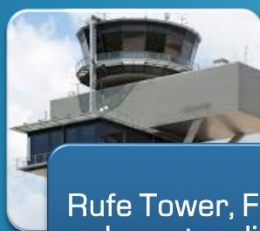


IFR-Anflüge finden auch
außerhalb von
Kontrollzonen statt

Ein typischer IFR-Endanflug beginnt ca. 10 NM vor und 3.000ft über dem Zielflughafen



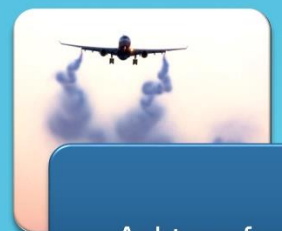
Schalte deinen
Transponder ein



Rufe Tower, FIS
oder nutze die
TMZ mit
Hörbereitschaft



Luftfahrzeuge
im Anflug haben
Vorrang!



Achte auf
Wirbelschleppen