



Transponder Mode S

### **Neue Technik auch für den Luftsport**

Seit einigen Jahren werden Luftsportler durch Nachrichten über Transponder und Spekulationen über eine Ausstattungspflicht verunsichert. Mode A, Mode A/C, Mode S sind für viele Piloten noch technische Vokabeln ohne Inhalt. Über die Technik, Nutzen, Chancen, und wann welche Vorschriften wann in Kraft treten, gibt der folgende Beitrag Auskunft.

### **Primär- und Sekundärradar**

Die Radartechnik wurde während des 2. Weltkrieges entwickelt. Kräftige elektromagnetische Impulse (im Bereich von einem Megawatt) werden von einer Bodenstation ausgesandt, vom Luftfahrzeug reflektiert und von der gleichen Radarantenne am Boden wieder empfangen. Dieses Verfahren, welches man Primärradar nennt, funktioniert gut mit Luftfahrzeugen in Metallbauweise oder welchen, die wenigstens einen Motor an Bord haben. Bei Segelflugzeugen ist es meist nur die aus Metall gefertigte Steuerung, die die Impulse reflektiert. Aus der Stellung der Radarschüssel und der Laufzeit des Signals kann die Position des Ziels errechnet werden. Der Fluglotse sieht die einzelnen Ziele als Punkte auf dem Radarschirm. Welches Flugzeug sich dahinter verbirgt, muss er sich merken.

Diesen Nachteil hat man durch die Entwicklung des Sekundärradars überwunden. Die Flugzeuge wurden mit einem Sekundärradar-Antwortgerät (Transponder) ausgestattet, welches aktiv auf den Radarstrahl vom Boden antwortet. Diese Verfahren nennt man SSR (Secondary Surveillance Radar).

### **Mode A und A/C**

Der Mode A Transponder sendet beim Beantworten des Radarstrahls einen vorher von der Flugsicherung zugewiesenen („squawk“) und vom Piloten am Gerät eingestellten Code zurück. Der Mode A/C Transponder sendet zusätzlich zum vierstelligen Code auch noch die aktuelle Höhe über der Druckfläche 1013,2 hPa zur Bodenstation. Nun kann der Fluglotse nicht nur jeden Punkt auf dem Radarschirm eindeutig einem Flugzeug zuordnen, sondern er weiß auch, in welcher Flughöhe es sich befindet.

Die meisten heute gebräuchlichen Transponder können im Mode A/C arbeiten.

### **Grenzen des Mode A/C durch Zunahme des Luftverkehrs**

Schon heute reichen die 4096 Codekombinationen nicht mehr aus, um den stetig zunehmenden Luftverkehr in Ballungszentren abzuwickeln. Zusätzlich gibt es in Lufträumen, in denen viele

Flugzeuge unterwegs sind, ein ganz spezielles Problem des herkömmlichen Transponders. Der von der Bodenstation ausgestrahlte Radarstrahl hat einen Öffnungswinkel von drei Grad. Das bedeutet, dass Luftfahrzeuge, die dicht zusammenfliegen oder an gleicher Position in unterschiedlicher Höhe sind, nahezu gleichzeitig auf das Signal vom Boden antworten. Eine Vermischung der Antwortsignale, die von der Flugsicherung nun nicht mehr ausgewertet werden können, ist die Folge. Man nennt dieses Problem FRUIT „False Replies Unsynchronised in Time“, welches natürlich bei jeder Umdrehung der Radarschüssel auftritt.

### **Mode S**

Beide Probleme werden durch den Neuentwickelten Mode S (S steht für selektiv) behoben. Statt des von der Flugsicherung bei jedem Flug zugewiesenen vierstelligen Codes, bekommt jedes Flugzeug einen weltweit einmaligen Code, die so genannte ICAO 24-Bit-Adresse fest einprogrammiert. Das FRUIT-Problem wird folgendermaßen gelöst. Die Bodenstationen senden nun zwei unterschiedliche Signale aus. Ein All Call-Signal und eines, mit dem einzelne Flugzeuge selektiv abgefragt werden können. Wird nun ein Flugzeug mit seinem Mode S Transponder zum ersten Mal von einer Bodenstation angesprochen, so antwortet der Transponder genau einmal auf das All Call-Signal, fortan antwortet er nur noch, wenn er gefragt wird. Der gleiche Ablauf findet statt, wenn das Flugzeug in die Reichweite des nächsten Bodenradars kommt. Vorteil dieses selektiven Verfahrens ist, dass der Computer in der Bodenstation immer nur diejenigen Luftfahrzeugen abfragt, von denen Daten benötigt werden, um dem Fluglotsen ein Bild der Verkehrslage zu geben.

Innerhalb des Mode S wird nochmals zwischen zwei verschiedenen Modi unterschieden. Übermittelt der Transponder nur die ICAO 24-Bit Adresse und die Höhe, wie im Luftsport üblich, so spricht man vom Elementary Mode. Die Länder Frankreich, Deutschland und Großbritannien führen zusätzlich für Luftfahrzeuge mit einer MTOM größer 5,7 t und einer Reisegeschwindigkeit größer 250 kt den so genannten Enhanced Mode ein. Bei diesem Mode werden zusätzliche Parameter wie Fluggeschwindigkeit, Steig- bzw. Sinkrate sowie Kurs übermittelt.

### **LAST - Light Aviation Secondary Surveillance Radar (SSR) Transponder**

Wesentliches Problem beim Einsatz von Transpondern in Segelflugzeugen oder Luftsportgeräten (ULs) ist der Stromverbrauch des Geräts. Für Kleinluftfahrzeuge wurden daher Geräte mit geringerer Sendeausgangsleistung (71 Watt) entwickelt. Bedingt durch die Leistungsklasse 2 dürfen sie nur in Luftfahrzeugen verwendet werden, die nicht oberhalb einer Höhe von 15000 Fuß betrieben werden, und deren maximale Reisegeschwindigkeit nicht mehr als 175 Knoten (324 km/h) beträgt.

Derzeit ist nur die Firma Filser mit einem Mode S Transponder gemäß LAST-Standard auf dem Markt.

### **Schutz vor Zusammenstößen**

Flugzeuge mit mehr als 30 Sitzplätzen (ab 2005 19 Plätze) oder einer höchstzulässigen Startmasse (MTOM) von mehr als 15 t (ab 2005 5.7 t) müssen mit einem Kollisionswarnsystem (Airborn Collision Avoidance System – ACAS) ausgestattet sein. Die US-Version heißt Traffic Collision Avoidance System – TCAS. Diese beiden Systeme fragen die Mode A/C oder Mode S Transponder der Luftfahrzeuge in ihrer Umgebung ab, schaffen sich so ein Bild und warnen, wenn sie einem anderen Luftfahrzeug zu nahe kommen. Selbstverständlich werden auch die Transponder von Segel- oder Ultraleichtflugzeugen abgefragt und erhöhen so in Lufträumen, die von IFR- und VFR-Verkehr genutzt werden, die Sicherheit. Kampflugzeuge der Bundeswehr sind nicht mit einem Kollisionswarnsystem ausgestattet.

Derzeit wird an einem neuen Kollisionswarnsystem, dem ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) geforscht. Dahinter steckt die Idee, die vom GPS ermittelte Position blind an alle anderen Luftfahrzeuge inklusive Flugsicherung abzusenden und auf einem Bildschirm darzustellen.

### **Welche Luftfahrzeuge in welchen Lufträumen mit einem Transponder ausgerüstet sein müssen, regelt die Flugsicherungs-ausrüstungsverordnung (FSAV).**

**Alle** Luftfahrzeuge (Flugzeuge, Hubschrauber, Luftschiffe, Segelflugzeuge, Motorsegler, Frei- und Fesselballone, Drachen, Flugmodelle und Luftsportgeräte) müssen mit einem Transponder ausgerüstet sein, wenn sie die folgenden Lufträume nutzen wollen:

1. Lufträume der Klasse C sowie D (nicht Kontrollzone)
2. Lufträume mit vorgeschriebener Transponderschaltung (Transponder Mandatory Zone – TMZ)
3. im kontrollierten Luftraum bei Nacht
4. motorgetriebene Luftfahrzeuge, ausgenommen in der Betriebsart Segelflug, oberhalb 5000 Fuß über NN oder oberhalb einer Höhe von 3500 Fuß über Grund wobei jeweils der höhere Wert maßgebend ist

## Übergangsfristen Mode A/C zu Mode S

IFR Flüge mit neuen Luftfahrzeugen	31. März 2004
IFR Flüge mit allen Luftfahrzeugen	31. März 2005 verschoben auf 31. März 2007 (AIC IFR 3 17 FEB 05)
<b>Neue</b> Luftfahrzeuge: für VFR-Flüge in den vorgeschriebenen Lufträumen (siehe FSAV)	31. März 2005
Alle Luftfahrzeuge: für VFR-Flüge in den vorgeschriebenen Lufträumen (siehe FSAV)	31. März 2008

### Europa

Mode S wird zunächst in Belgien, Frankreich, Großbritannien, Luxemburg, Deutschland, den Niederlanden, und der Schweiz eingeführt, wobei es durchaus von denen in Deutschland abweichende Lufträume sein können, in denen Transponder vorgeschrieben sind.

### Zuteilung der 24-Bit Adresse

Die ICAO 24-Bit Adresse darf nur von einem Luftfahrttechnischen-Betrieb (LTB) in den Mode S Transponder eingegeben werden. Es empfiehlt sich also die 24-Bit Adresse rechtzeitig zu beantragen, so dass sie direkt vom Hersteller oder dem einrüstenden LTB einprogrammiert werden kann. Zuständig für die Zuteilung der Adresse sind das Luftfahrt-Bundesamt (LBA), Abteilung Verkehrszulassung bzw. bei Luftsportgeräten die beauftragten Luftsportverbände (z.B. Luftsportgeräte-Büro des DAeC).

### Zusammenfassung

- Die Umstellung auf Mode S Transponder ist unter anderem notwendig, um das steigende Luftverkehrsaufkommen zu bewältigen.
- In allen Staaten der Europäischen Union wird auf Mode S Transponder umgestellt.
- Transponder können einen Beitrag leisten, um Zusammenstöße mit Verkehrsflugzeugen zu vermeiden.
- Transponder sind bei VFR-Flügen nicht in allen Lufträumen vorgeschrieben
- In neue Luftfahrzeuge dürfen ab dem 31. März 2005 nur noch Mode S Transponder eingebaut werden.
- Spätestens ab dem 31. März 2008 (IFR 31. März 2007) dürfen nur noch Mode S Transponder verwendet werden.