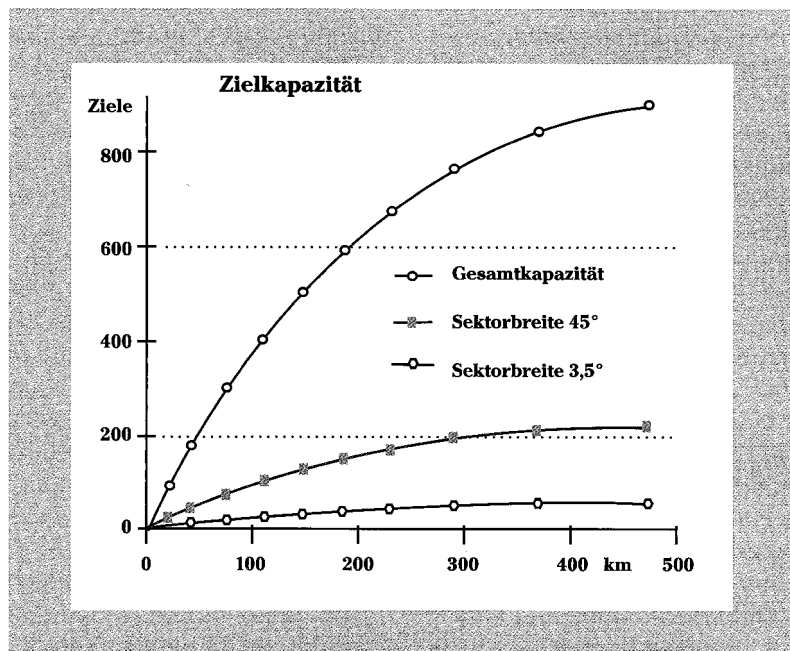


# Transponder Mode S - Segen oder Fluch?

Die Luftfahrt hat seit dem Zweiten Weltkrieg durch Überwachung des Luftraums, sei es als Schutz vor nicht sichtbaren Feinden, als auch zum eigenem Schutz vor Kollisionen, mit Puls-Radarüberwachung den Luftraum sicher gemacht. Der Nachteil bestand darin, dass feste wie bewegliche Ziele

möglichst aber keine Erweiterung der Codeanzahl. Hinzu kommt, dass keine weiteren Informationsinhalte wie Rufzeichen und weitere Flugdaten mehr übertragen werden können. Über die Ident-Taste kann der Controller, bei Doppeldeutung der Signale, ein (siehe Grafik Zielkapazität) Signal hervorheben.



(Echos) nicht zu unterscheiden waren. Der Fluglotse musste, um ein Luftfahrzeug zu führen, das angezeigte Echo weiterverfolgen, auch hatte er keine Angabe zur Flughöhe. Es wurde ein Sekundärradar entwickelt, ähnlich dem militärischen System, des Freund-Feind Radars. Dieses System baut auf dem Pulsradar auf und lässt Flugzeuge ihre Kennung (Squak) und Flughöhe in Form von Daten aussenden, die dem entsprechenden Punkt zugeordnet werden. Derzeit stößt dieses System mit nur 4096 Codes an Grenzen. Der Bedarf ist aber aufgrund steigender Flugverkehrszahlen und Ausweitungen der transponderpflichtigen Lufträume größer. Die Technik des A/C-Transponders er-

## Der Mode S

Schon in den 1970er-Jahren hatte man abgesehen, dass das alte System den Sicherheits- und Verkehrssituationen nicht mehr genügen kann. Durch TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) hat man die Verkehrsflughöhe erheblich sicherer gemacht. Verkehrsflugzeuge sind schon seit langem mit diesen Geräten ausgerüstet.

Ab dem 31. März 2008 sind für die Lufträume C und D (nicht Kontrollzone) oder TMZ (Transponder Mandatory Zone) und für alle Nachtflüge im kontrollierten Luftraum Transponder Mode S vorgeschrieben. TMZ sind gesondert eingerichtete Gebiete, in denen auch unter

VFR die automatische Übermittlung der Höhe gefordert wird. Ferner sind sie vorgeschrieben für alle motorgetriebenen Luftfahrzeuge, ausgenommen in der Betriebsart Segelflug, über MSL 5000 oder 3500 Fuß über Grund. Der jeweils höhere Wert ist ausschlaggebend.

Dem Mode S liegt eine 24 Bit-Adressierung zugrunde. Damit lassen sich 16.777.216 verschiedene Adressen codieren. Allerdings müssen sich alle Länder dieser Erde die Adressen teilen, denn jedes Flugzeug wird dabei durch die entsprechende Luftfahrtbehörde identifiziert. Der jeweilige Code wird nur einmal vergeben und ist fest und unverwechselbar dem Luftfahrzeug zugewiesen. Für Deutschland sind etwa eine Viertelmillion Codierungen vorgesehen, für die USA etwa eine Million. Man sieht hier schon den Umfang, der es unerlässlich macht auf weitergehende Systeme umzusteigen.

## Wie arbeitet der Mode S?

Eine Radarstation hat den üblichen PSR (Primary Surveillance Radar, Primär-Rundsicht-Radar), auf den in Zukunft auch nicht verzichtet werden kann, um auch Luftfahrzeuge, denen das SSR ausgefallen ist, noch zu orten. Die Auflösung ist durch die Breite der Hauptkeule der Antenne mit rund 3 Grad gegeben. Mit diesem schmalen Sektor wird der Luftraum bis in Höhen von 15 Kilometern mit einer Drehrate von 15 Sekunden abgetastet.

Zusätzlich hat diese Station ein SSR (Secondary Surveillance Radar, Sekundär-Rundsicht-Radar). Es handelt sich beim Sekundär-Radar nicht um ein Radar im eigentlichen Sinne, sondern eher um einen Datenfunk mit einem Call an »Alle«. Dieser Anruf beinhaltet einen Abfrage-Impulscode mit bis zu drei Kilowatt und einigen 100 Hertz Impulsfolge auf

1030 Megahertz als Uplink (Sendung zum Flugzeug). Sie werden von allen in Reichweite befindlichen Luftfahrzeugen empfangen und mit deren Transponder beantwortet. Der Empfang sowie das Senden wird über eine feste, rundum strahlende Antenne mit einer Impulsspitzenleistung von bis zu 500 Watt und 18000 Impulsen pro Sekunde als Downlink (vom Flugzeug gesendet) auf 1090 Megahertz beantwortet. Die Reichweite beträgt rund 400 Kilometer, sie ist begrenzt durch den Radiohorizont, durch die Erdkrümmung und Faktoren wie Luftfeuchtigkeit oder Hindernisse, bei fünf Kilometern Höhe etwa 300 Kilometer Reichweite, bei 10 Kilometer Höhe etwa 400 Kilometer. Der eigentliche Abfrageinhalt von einem Impuls im Zeitraum der 16,25 bzw. 32,25 Mikrosekunde langen Ausstrahlung beträgt 56 bzw. 112 Bit Inhalt, daraus ergibt sich eine Übertragungsrate von 3,7 Megabit pro Sekunde. Der eigentliche A/C-Code ist auch darin enthalten. Weitere Schnittstellen zu GPS oder TCAS-Systemen sind dann möglich.

Zudem wurde ein Mode S so entwickelt, dass eine selektive Abfrage möglich ist, es werden dann nur noch einzelne Flugzeuge angesprochen (Roll Call), die dann antworten. Der Energieverbrauch der Transponder sinkt dabei erheblich, was die Versorgung aus dem Akku für längere Fahrzeiten möglich macht. Es sind zusätzlich die ADS-B Informationen (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) kom-

plett zu verwerten. Luftfahrzeuge können auch ohne die Bodenstelle untereinander kommunizieren über TCAS. Eine Warnung über das TCAS-System lässt den Piloten schon in die richtige Ausweichrichtung handeln. Es verhindert auch widersprüchliche Aussagen der Controller wie beim Unfall in Friedrichshafen.

Da wir versuchen, den Luftraum so sicher wie nur möglich zu gestalten, können wir uns vor der neuen Technik nicht verschließen, auch wenn sie noch einige Ungereimtheiten enthält, wie jetzt die kurzzeitige Sperrung von Funkwerk-Transpondern gezeigt hat. Entsprechende Änderungen sind schon eingeleitet worden. Aber wir wissen, diese Datenfülle birgt in sich noch einige Fehlerquellen.

Es ist aber jetzt schon Vorschrift in Deutschland sich in einem der oben beschriebenen Lufträume mit einem Transponder Mode S zu bewegen. Einschränkungen bei Langstreckenfahrten und in Kontrollzonen müssen hingenommen werden, wenn man sich für den Betrieb ohne Transponder entscheidet. Die Lufträume, in denen kein Transponder gefordert ist, werden immer kleiner. Ein Zurückziehen in diese Lufträume treibt uns immer mehr ins Abseits der Luftfahrt.

Schon jetzt hat es sich gezeigt, dass sportliche Veranstaltungen eingeschränkt oder gar abgesagt werden mussten. Diszipliniertes Verhalten bei der Ausübung des Ballonsports bleibt hierbei oberstes Gebot. ■

Christoph Schönemann

## Systeme und deren Datenübermittlung

System	SSR Code	FL	Rufzeichen	Steuerskurs	Geschwindigkeit	Vorgewählte Höhe etc.
<b>Pulsradar</b>						
<b>Mode A</b>	X					
<b>Mode A / C</b>	X	X				
<b>Mode S</b>	X	X	X			
<b>S Zukunft</b>	X	X	X	X	X	X