

Sprechfunk im Segelflugzeug

VON W. POHLMANN

DK 621.396.933.3

Inhaltsübersicht: Es wird über das neue VHF-Kleinfunksprechgerät S/EU 190 für Segelflugzeuge berichtet. Erprobungsergebnisse werden mitgeteilt.

Summary: A report on the novel VHF Portable Radio-telephone Set S/EU 190 for gliders. Trial results are discussed.

Résumé: Rapport sur le nouvel appareil parleur radiophonique S/EU 190 pour les planeurs. Discussion des résultats d'expérience.

I. Technische Voraussetzungen

Die Flugsicherung benützt seit langem Ultrakurzwellen für den Sprechfunk zwischen Flugzeug und Bodenstationen. Das Frequenzgebiet zwischen 100 und 156 MHz ist (mit Ausnahme des Amateurbandes bei 144 MHz) für die Aufgaben der Flugsicherung vorgesehen, wobei die Sprechkanäle der zivilen Luftfahrt für die Streckenüberwachung und die Kontrolle des Anfluges im Bereich 118 bis 132 MHz liegen. Als Modulationsart wird im Gegensatz zu der im VHF-Gebiet sonst allgemein üblichen FM für den Flugsicherungsdienst AM verwendet, was unter anderem historische Gründe hat, denn die Frequenzmodulation würde nach dem heutigen Stande der Technik bei kaum wesentlich erhöhtem Aufwand eine bessere Ausnützung des zur Verfügung stehenden Frequenzbandes und damit einen besseren Störabstand ermöglichen.

Während die Bodenstationen der deutschen Flughäfen heute bereits weitgehend mit Sendern und Empfängern deutscher Produktion ausgerüstet sind, ist die Geräteausrüstung der Bordstationen durchweg ausländischer Herkunft, da eine deutsche Fertigung von Bordgeräten solange unmöglich ist, als in Deutschland keine Flugzeuge gebaut werden.

Anders ist die Situation auf dem Gebiet des Segelflugsports. Bereits vor zwei Jahren haben deutsche Mannschaften an den Segelflugweltmeisterschaften teilgenommen und dabei das Fehlen einer Sprechfunkeinrichtung als starkes Handicap empfunden. Viele Teilnehmer anderer Nationen hatten teils Kurzwellen-, teils Ultrakurzwellengeräte in ihre Maschinen eingebaut und konnten sich damit wesentliche Vorteile sichern.

In der Zwischenzeit hat auch in Deutschland der Segelflugsport wieder stark an Bedeutung zugenommen und damit ergibt sich die Frage der Eingliederung der Segelflugzeuge in das Netz der Flugsicherung. So stellt sich das Problem der Ausrüstung von Segelflugzeugen mit Funksprechgeräten von zwei verschiedenen Seiten dar:

Von der Seite der Segelflieger wird der Sprechfunk gefordert, weil sowohl der Schulbetrieb als auch der Streckenflug daraus Nutzen ziehen. Der Lehrer kann dem allein fliegenden Schüler vom Boden aus Anweisungen geben und damit dem Schüler das Gefühl der Sicherheit vermitteln, das zur Vermeidung von Unfällen erforderlich ist. Dies gilt besonders für die Durchführung der Landung. Noch größer dürfte die Bedeutung bei Überlandflügen sein. Der Segelflieger bleibt in ständiger Verbindung mit seiner Bodenstation, die für diesen Zweck auch fahrbar sein kann. Er erhält laufend Wetter- und andere Beobachtungen vom Boden mitgeteilt und gibt seine Positionsmeldungen an die Bodenstelle. Das Fahrzeug für den Rücktransport kann auf diese Weise sofort nach der Landung zur Stelle sein, ja es kann unter Umständen von der Bodenmannschaft ein günstiger Landeplatz ausgesucht werden. Neben der Steigerung der erzielten Leistung ist ja in erster Linie die Verhütung von Unfällen Zweck des Sprechfunks.

Von der Seite der Flugsicherung wird der Sprechfunk für Segelflugzeuge ebenfalls aus Gründen der Unfallverhütung gefordert. Wenn auch die Flugsicherungsorganisation beim Segelschulbetrieb keinen Beitrag zur Erhöhung der Flugsicherheit leisten kann, so stellt doch das Leistungs-Segelflugzeug, das auf Streckenflug geht, ein Luftfahrzeug dar, das den

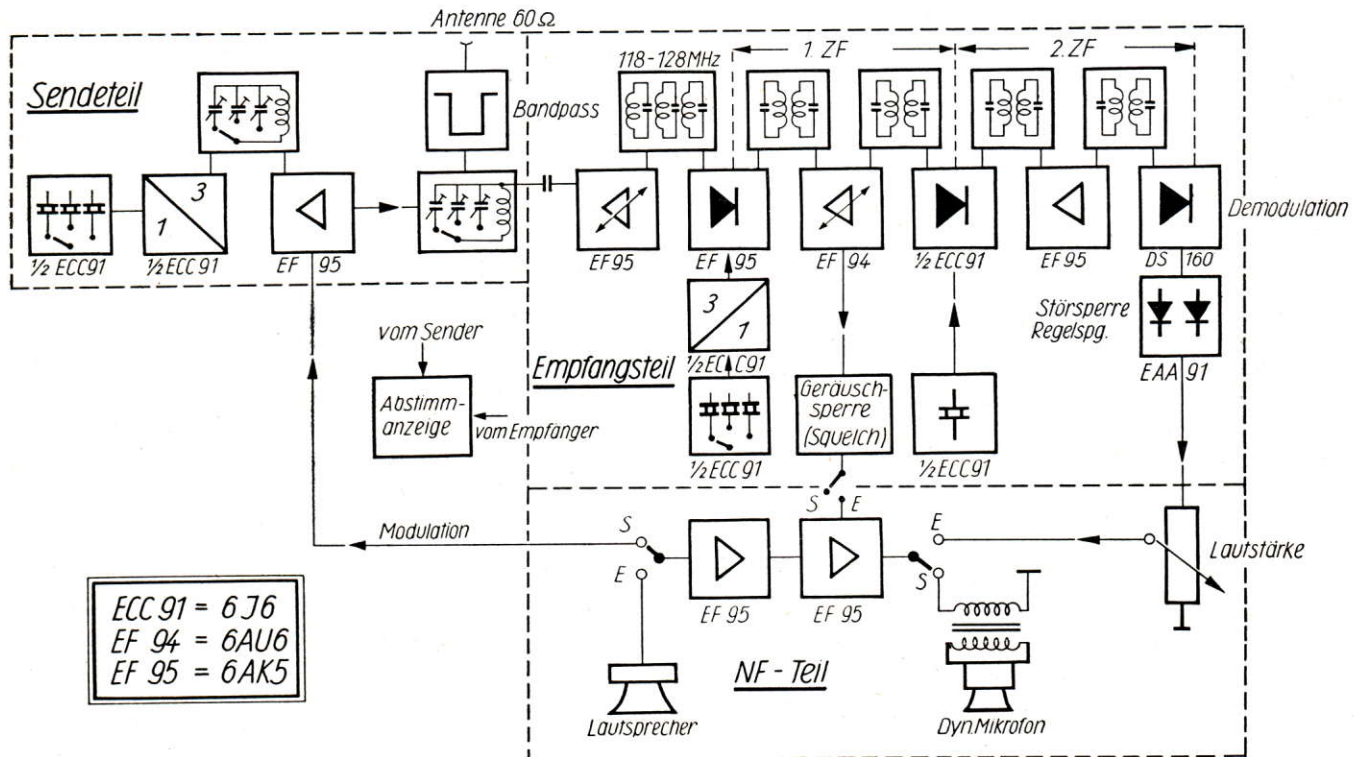


Abb. 1
 Blockschaltbild des Kleinfunksprechgerätes S/EU 190
 Block diagram of the Portable Radio-telephone Set S/EU 190
 Diagramme d'ensemble de l'appareil parleur radiophonique miniature.

Regeln des Luftverkehrs unterworfen ist. Da es in Konflikt mit dem übrigen Luftverkehr kommen kann, muß es im Rahmen der Flugsicherungsorganisation erfassbar sein. Insbesondere bei der Annäherung an größere Flugplätze und bei der Landung auf solchen ist die Funkverbindung zwischen Kontrollturm und Segelflugzeug unerlässlich.

Aus diesen Gesichtspunkten ergeben sich die technischen Anforderungen an ein Funksprechgerät, das für den Einbau in Leistungs-Segelflugzeuge geeignet ist. Sie sind in einem vorläufigen Pflichtenheft der Bundesanstalt für Flugsicherung zusammengefaßt.

Durch die Forderung nach Eingliederung in den Funksprechverkehr der Flugsicherung ist die Frequenzwahl und die Wahl der Modulationsart bestimmt. Der Betrieb wird in der Form des Wechselsprechens auf einer Frequenz durchgeführt. Als spezielle Segelflugfrequenz ist für Deutschland die Frequenz 125,7 MHz festgelegt. Daneben sollten aber noch mindestens zwei Frequenzen wahlweise schaltbar zur Verfügung stehen, wovon die eine zweckmäßig die auf fast allen deutschen FS-Kontrolltürmen vorhandene Frequenz 119,7 MHz ist. Wie schon erwähnt, ist die Modulationsart AM zwangsläufig festgelegt, weshalb sich die Verwendung üblicher tragbarer UKW-FM-Funksprechgeräte von vorneherein verbietet. Als Reichweite wird in Abhängigkeit von der Flughöhe gefordert:

Flughöhe	200 m	Reichweite	40 km
"	1000 m	"	90 km
"	3000 m	"	160 km.

Für Ober- und Nebenwellenfreiheit des Senders, sowie für die Abstrahlung des Empfänger-Oszillators gelten die üblichen Postforderungen. Daß ein Spezialgerät für Segelflugzeuge kleine Abmessungen und geringes Gewicht haben muß, ist selbstverständlich. Die Betriebszeit soll etwa 7-8 Stunden ohne Unterbrechung betragen.

So war die Aufgabe umrissen, die im Frühjahr 1954 von der Bundesanstalt für Flugsicherung, vom deutschen Aeroclub und vom Ministerium für Wirtschaft und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen gestellt wurde. Die zur Verfügung stehende Zeit für Entwicklung und Bau der Geräte war äußerst kurz, da bereits bei den im Juli und August 1954 in England stattfindenden Segelflugweltmeisterschaften die Geräte zum Einsatz kommen sollten.

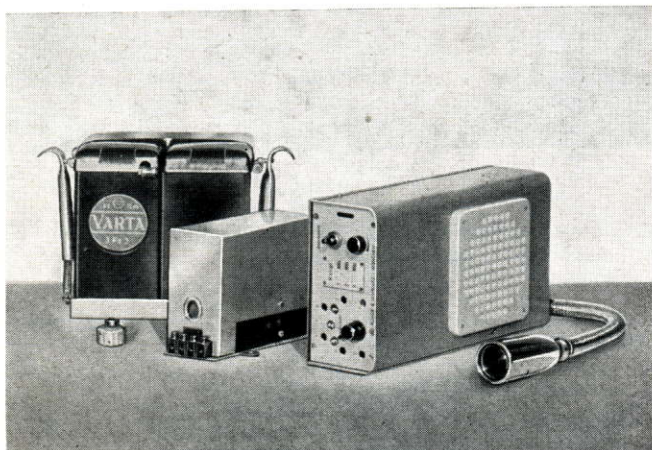


Abb. 2
Die Teilgeräte des Kleinfunksprechgerätes S/EU 190
The individual units of the Portable Radio-telephone Set S/EU 190
Les parties constituant l'appareil parleur

II. Aufbau und Schaltung des Klein-Funksprechgerätes S/EU 190

Das Kleinfunksprechgerät S/EU 190 besteht aus folgenden Grundgeräten:

1. Sende-Empfangsgerät,
2. Zerhacker,
3. Antenne,
4. Dynamisches Mikrofon mit Schwanenhals,
5. 6-V-Akkumulator,
6. Zubehör, wie Sicherungskästchen, Sprechaste, Verkabelung usw.

Das Blockschaltbild der Anlage zeigt die **Abb. 1**, die einzelnen Teilgeräte sind in der **Abb. 2** wiedergegeben.

Obwohl für die Bodenstation eine größere Sendeleistung zugelassen ist als für die Bordstation, wurde zunächst aus Gründen einer wirtschaftlichen Fertigung die gleiche Ausführung für Boden und Bord gewählt. So unterscheidet sich die Bodenanlage von der in der **Abb. 2** gezeigten Bordausrüstung nur durch die Verwendung eines Handapparates, der

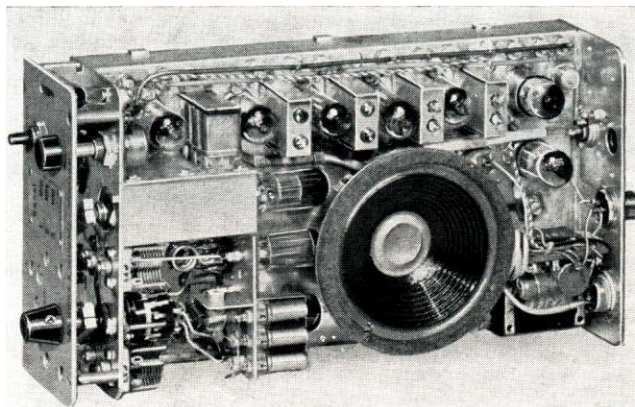


Abb. 3
Das Sende-Empfangsgerät geöffnet
The transceiver removed from its cabinet
Vue intérieure de l'émetteur-récepteur

Mikrofon und Telefon sowie die Sprechaste enthält. Da an Bord die Handhabung eines Handapparates sehr störend wäre, wurde als Mikrofon ein Schwanenhalsmikrofon gewählt, das bei Nichtgebrauch so an die innere Bordwand angelegt wird, daß es beim Ein- und Aussteigen nicht im Wege ist. Ein Kopfhörer ist infolge des Einbaus eines Lautsprechers in das Sende-Empfangsgerät überflüssig. Dies ist gerade für den Segelflieger wichtig, da das Ohr eine große Rolle für die fliegerische Beherrschung der Maschine spielt. Das „Anhängen“ des Fliegers an irgendwelche Leitungsschnüre würde als sehr hinderlich empfunden. Aus diesem Grunde wurde auch die Verwendung eines Kehlkopf- oder Lippenmikrofons verworfen.

Der Aufbau des eigentlichen Sende-Empfangsgerätes ist aus **Abb. 3** zu ersehen. Es wurden Miniaturröhren mit indirekter Heizung verwendet, da diese wesentlich robustere Heizfäden besitzen als Subminiaturröhren für Batteriebetrieb. Die letzteren wären zwar in Bezug auf ihren Stromverbrauch günstiger gewesen, jedoch mußte mit sehr rauen Betriebsverhältnissen gerechnet werden, sodaß schließlich die Wahl auf die Röhren der 90er-Serie fiel, die außerdem noch den Vorteil der Austauschbarkeit gegen amerikanische Äquivalenz-Typen besitzen. Sollten sich die neuen Subminiaturröhren als genügend stabil erweisen, so bereitet eine Umstellung der Geräte keine Schwierigkeiten.

Der Sendeteil besteht aus einer Röhre ECC 91, deren beide Systeme als Oszillator und Verdreifacher arbeiten, und der Endstufe mit der Röhre EF 95. Vom Anodenkreis dieser Röhre geht die Sendeleistung über ein fest abgestimmtes Filter zur Antenne. Der Frequenzwechsel erfolgt durch Umschaltung von drei Oberwellen-Quarzen und den dazugehörigen Kreisen. Da insgesamt nur zwei veränderliche Kreise vorhanden sind, gestaltet sich das Nachtrimmen bei einem eventuellen Quarzwechsel sehr einfach. Der Sender-Ausgangskreis dient gleichzeitig als Eingangskreis für den Empfänger. Da im Sendefall die Eingangsrohre des Empfängers keine Anodenspannung bekommt, schadet die an der Gitter-Kathodenstrecke liegende Senderspannung der Röhre nicht. Die dabei am Gitterwiderstand abfallende Gleichspannung wird einer Röhre DM 71 zugeführt, deren Anzeige die Trimmung auf maximale Sendeleistung ermöglicht; damit ist dann gleichzeitig der Empfängereingang richtig abgestimmt. Weitere abstimmbare Kreise besitzt der Empfänger nicht. Auf die Vorverstärkerrohre EF 95 folgt ein breites Bandfilter, das den ganzen Frequenzbereich umfaßt und zusammen mit dem Antennenfilter die nötige Spiegelselektion sichert. Der Empfängeroszillator ist genau wie die Steuerstufe des Senders aufgebaut, jedoch wird der Anodenkreis des Verdreifachers

nicht umgeschaltet, sondern arbeitet breitbandig über den ganzen Bereich. Die Mischung erfolgt additiv am Gitter einer EF 95, in deren Anodenkreis das erste ZF-Bandfilter liegt. Aus Selektionsgründen wird auf eine zweite ZF mittels Quarzoszillator umgesetzt und schließlich mit Hilfe einer Germaniumdiode demoduliert.

Der Niederfrequenzteil liefert eine Ausgangsleistung von etwa 0,5 Watt an den Lautsprecher; er wird im Sendefall als Modulationsverstärker benützt, wobei die Ansteuerung des dynamischen Mikrofons über einen Eingangstransformator erfolgt. Das Gerät besitzt eine Impulsstörbegrenzungsschaltung und eine automatische Geräuschsperre, die den NF-Kanal erst dann freigibt, wenn ein Träger genügender Stärke einfällt. Die Regelspannung, die auf zwei Röhren wirkt, wird außerdem der Röhre DM 71 zugeführt, deren Leuchtschirmanzeige eine Beurteilung der Stärke des einfallenden Trägers zuläßt.

Technische Eigenschaften der Anlage:

Frequenzbereich	3 Rastfrequenzen im Bereich 118-128 MHz z. B. 119,7; 121,5; 125,7 MHz
Frequenzwechsel	durch Betätigung eines Umschalters
Frequenzstabilität des Senders und des Empfängeroszillators	± 12 kHz
Sender	
Sendeleistung	ca. 0,2 Watt
Oberwellenunterdrückung	40 dB
Nebenwellenunterdrückung	60 dB
Modulationsart	AM
Mikrofon	dynamisches Klein-Mikrofon in Schwannenhalsausführung bzw. Handapparat für die Bodenstation
Umschaltung Senden—Empfang	durch Sprechstaste über Relais
Empfänger	
Grenzeempfindlichkeit	ca. 10 kT ₀
Störabstand (m = 60%)	10 dB bei 1,5 μ V Eingangsspannung 20 dB bei 4 μ V
Statische Selektion	6 dB in ± 30 kHz Abstand 40 dB in ± 100 kHz Abstand 60 dB in ± 200 kHz Abstand
Spiegelselektion	60 dB
ZF-Festigkeit	> 100 dB
Automatische Regelung	NF-Ausgangspegeländerung ± 4 dB bei HF-Eingangsspannungen zwischen 10 μ V und 100 mV
Impulsstörsperr	eingebaut
Rauschunterdrückung	eingebaut, abschaltbar
NF-Ausgangsleistung	ca. 0,5 Watt
Lautsprecher	eingebaut
Telefonhörer	Anschlußmöglichkeit vorhanden (für Bodenstation)
Röhrenbestückung	3 \times ECC 91 (6J6) 6 \times EF 95 (6AK5) 1 \times EF 94 (6AU6) 1 \times EAA 91 1 \times DM 71
Stromversorgung	Aus Akkumulator 6 V Heizung 6 V 3 A Anodenstrom 200 V über Zehrhacker 50 mA
Abmessungen	Sende-Empfangsteil: 270 \times 148 \times 78 mm Zehrhacker: 163 \times 90 \times 110 mm Batterie: 2 Stck. je 265 \times 127 \times 80 mm
Gewichte	Sende-Empfangsteil: 2,8 kg Zehrhacker: 1,9 kg Batterie: 8,4 kg für 5 Std. Betrieb 12,6 kg für 8 Std. Betrieb
Antenne	$\lambda/4$ -Stabantenne.

Ein schwieriges Problem ist der Einbau der Antenne in das Flugzeug. Bekanntlich ergibt sich durch Reflexionen an Rumpf und Tragflächen und vor allem an den darin enthaltenen Metallteilen ein stark aufgezupfeltes Richtdiagramm. Erwünscht wäre ein Rundstrahlendiagramm in der Horizontalen und vertikal mindestens die Erfassung des unter dem Flugzeug gelegenen Raumes. Dies würde voraussetzen, daß die Antenne an der Unterseite des Rumpfes angebracht wird, und zwar — wegen der vertikalen Polarisierung — senkrecht nach unten stehend. Ein solcher Einbau ist aber in der Praxis nicht brauchbar, da ja beim Segelflugzeug die Bauchlandung das Normale ist.

Es wurde deshalb ein $\lambda/4$ Stab mit Gegengewicht verwendet, der an der Oberseite des Rumpfes angebracht ist. Zwar ergibt sich auch hierbei eine starke Aufzupfelung, aber das Diagramm läßt sich durch Anbringung an einer geeigneten Stelle genügend gleichmäßig machen. Die Abschaltung nach unten fällt deshalb nicht so stark ins Gewicht, weil beim Überfliegen der Bodenstation die Entfernung sehr gering ist. Die Untersuchungen über diese Fragen sind noch keineswegs abgeschlossen und sollen in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Flugsicherung und der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt fortgeführt werden.

Besonders erwünscht wäre ein Einbau im Inneren der Maschine bzw. in der Flugzeugoberfläche [1]. Da ja das Segel-

flugzeug noch mehr als das motorgetriebene von der günstigen aerodynamischen Gestaltung abhängt und da andererseits heute auch mit Segelflugzeugen Geschwindigkeiten in der Gegend von 300 km/Std. erreicht werden, bei denen eine Stabantenne eine empfindliche Störung der Luftströmung darstellt, ist diese Frage sehr wichtig. Es ist jedoch mit Sicherheit anzunehmen, daß der Einbau im Rumpfinnen eine Einbuße an Reichweite ergibt, die bei der geringen zur Verfügung stehenden Sendeleistung besonders ins Gewicht fällt.



Abb. 4
Der Einbau in die „Weihe“ von August Wiethüchter
Accommodation in the „Weihe“ flown by August Wiethüchter
L'installation dans le planeur „Weihe“ de August Wiethüchter

Eine näherungsweise Abschätzung der zu erwartenden Reichweite in Anlehnung an [2] ergibt:

1. Aufstellungshöhe der Bodenantenne:	10 m		
Flughöhe	200 m	Reichweite	50 km
"	1000 m	"	108 km
"	3000 m	"	190 km
2. Aufstellungshöhe der Bodenantenne:	3 m		
Flughöhe	200 m	Reichweite	35 km
"	1000 m	"	80 km
"	3000 m	"	145 km

Dabei wurde vorausgesetzt, daß mit einer Empfänger-Eingangsspannung von 1,5 μ V brauchbare Verständigung zu erzielen ist (10 dB Störabstand). Ferner wurden die Richtcharakteristiken der Flugzeugantenne vernachlässigt und angenommen, daß diese, ebenso wie die Bodenantenne den Gewinn 1 habe. Selbstverständlich hängt die tatsächlich erzielte Reichweite noch von verschiedenen Faktoren, insbesondere von der Geländeform und von schattenbildenden Hindernissen ab. Solche reflektierenden Erhebungen können aber unter günstigen Umständen auch eine bedeutende Verbesserung der Verbindung bringen.

Die erste Erprobung des neuen Kleinfunksprechgerätes stellte der Einsatz bei den Segelflugweltmeisterschaften in Camphill (England) dar. Die beiden teilnehmenden deutschen Maschinen, eine „Weihe“, geflogen von August Wiethüchter (Abb. 4) und eine „HKS I“ (Abb. 5), geflogen von Ernst-Günther Haase, wurden mit dem Gerät ausgerüstet, ebenso einige Fahrzeuge, die zur Verfolgung der Flugzeuge und zum Transport bestimmt waren. Außerdem war eine feste Bodenstation als Zentrale an einem günstigen Standort eingerichtet und mit einem stärkeren Sender ausländischen Fabrikats ausgerüstet. Diese letztere Maßnahme erwies sich als sehr vorteilhaft, da die Fahrzeuge während der Fahrt durch Täler oder in ungünstigem Gelände die direkte Verbindung mit dem Flugzeug verloren. Mit Hilfe der Zentrale konnte in allen Fällen der Anschluß wieder hergestellt werden. So war A. Wiethüchter, der den dritten Platz in der Weltmeisterschaft belegte, auf dem Zielflug nach Boston, den er mit der höchsten Punktzahl absolvierte, in ständiger Verbindung mit dem Boden und meldete noch kurz vor seiner Landung in einer Entfernung von etwa 120 km gute Verständigung. Auch gelang es mehrmals mit Hilfe der Funkverbindung das Transportfahrzeug so rasch nachzuführen, daß noch ein zweiter Start innerhalb der vorgeschriebenen Zeit möglich war.

Der Einfluß des Richtdiagramms der Flugzeugantenne konnte beim Kurvenflug in größerer Entfernung deutlich beobachtet werden. Die Feldstärkeschwankung war jedoch nicht so groß, daß sie zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Funkverkehrs geführt hätte.

Auch die Verständigung der Piloten von Maschine zu Maschine gelang einwandfrei, leider konnte infolge des schlechten Wetters die tatsächliche Reichweite nicht erfolgen werden. Es dürfte jedoch nach den bisherigen Ergebnissen feststehen, daß das Gerät den gestellten Anforderungen genügt.



Abb. 5

Flugkapitän Hanna Reitsch in der mit Sprechfunk ausgerüsteten „HKS I“
Hanna Reitsch in the „HKS I“ equipped with radio-telephone facility
Mlle. Hanna Reitsch dans le „HKS I“ avec appareil parleur radiophonique

Literatur

- [1] J. V. N. Granger
Designing flush antennas for high-speed aircraft
Electronics 1954 No. 3. S. 136
- [2] O. Laaf
Eine Näherung zur Reichweitenbestimmung auf der Erdoberfläche
zwischen Funk-Sende-Empfangsanlagen.
FTZ 1953 Heft 4, Seite 169.