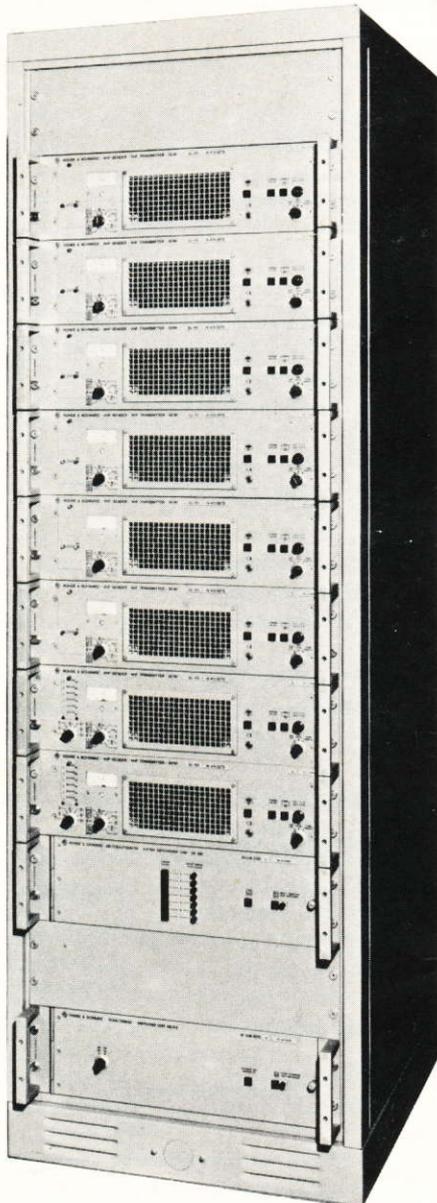


Durch ihre kompakte Bauweise und bemerkenswerten Eigenschaften bieten sich den VHF-Flugsicherungssendern SU 151 und SU 156 vielseitige Einsatzmöglichkeiten sowohl als Einzelsender als auch als Anlagengerät. Die in der Sendeanlage NU 156 gewählte Kombination von sechs Einkanal-Betriebsendern, zwei Sechskanal-Reservesendern und der Ablöseautomatik weist eine vielfach höhere Betriebssicherheit auf als eine aufwendigere Anlage mit sechs Einzelsendern und je einem Reservesender.

## NU 156, eine moderne VHF-Sendeanlage für die Flugsicherung



Durch den stark anwachsenden Flugverkehr steigen auch die Kommunikationsaufgaben in der Flugsicherung erheblich, so daß zur Gewährleistung der Sicherheit im Flugbetrieb immer mehr Frequenzkanäle benötigt werden. Um diese Forderung räumlich und personell rationell zu erfüllen, ist man bestrebt, kleine und möglichst wartungsfreie Sender einzusetzen. Unter diesen Gesichtspunkten und unter Ausnutzung der heute zur Verfügung stehenden Bauelemente und Technologien wurde die Sendeanlage NU 156 entwickelt (BILD 1). Sie ist durchweg mit Halbleitern bestückt, und auch die HF-Leistungsverstärker enthalten nur Transistoren und sind in Breitbandtechnik ohne jedes mechanische Abstimmelement aufgebaut, was eine hohe Zuverlässigkeit des Senders gewährleistet. Außerdem ist die Anlage mit automatischer Reserveschaltung ausgestattet, das heißt, bei Ausfall eines Betriebssenders wird sofort (in 1 s) auf einen Reservesender umgeschaltet, so daß sich die Anlage auch in unbemannten Stationen aufstellen läßt. Der Platzbedarf der Sendeanlage NU 156 ist außerordentlich gering; auf dem Platz eines Einkanalenders der alten Generation kann jetzt eine Anlage für bis zu sechs Sendefrequenzen untergebracht werden.

### Sender

Bei Flugsicherungsfunkanlagen ist einem Sender stets eine bestimmte Frequenz zugeordnet, die für einen Flughafen festliegt und nur sehr selten gewechselt wird. Für diesen Fall ist die Einkanalausführung des VHF-Senders mit der Typenbezeichnung SU 151 für den Frequenzbereich 117 bis 144 MHz vorgesehen. Redundante Anordnungen von Sendern gleicher Frequenz

BILD 1  
VHF-Sendeanlage NU 156 mit  
sechs Einkanalendern SU 151  
und zwei Sechskanal-  
sendern SU 156 (Reserve)  
sowie Ablöseautomatik ZA 001  
und Schaltgerät GB 013  
(von oben nach unten).  
Foto 21 982

(Reserve) erzielt man mit paarig gleichen Einkanalsendern oder einer Kombination von beispielsweise sechs Einkanal-Betriebsendern und zwei sechskanaligen Reservesendern. Für die letztere kostensparende und zuverlässige Anordnung wurde der Sechskanalssender SU 156 als Variante entwickelt (BILD 2).

Auf den meisten Verkehrsflughäfen liegen die Senderstandorte von den Bedienungsplätzen mehrere Kilometer entfernt, was

gangsleistung von 50 W (Trägermittelwert) und 100% Modulation Spitzenleistungen von 200 W liefern (bei einem Stehwellenverhältnis bis zu  $s = 2$ ). Vier besonders zuverlässige Leistungstransistoren (BLY 94 RS) sorgen für die nötige Betriebssicherheit und Leistungsreserve. Die Eingangsleistung von 10 W wird über 3-dB-Koppler aufgeteilt, von den vier Endverstärkertransistoren parallel verstärkt und am Ausgang wieder zusammengefaßt. Der Vorteil der Verwendung von Richtkopplern im Ein-

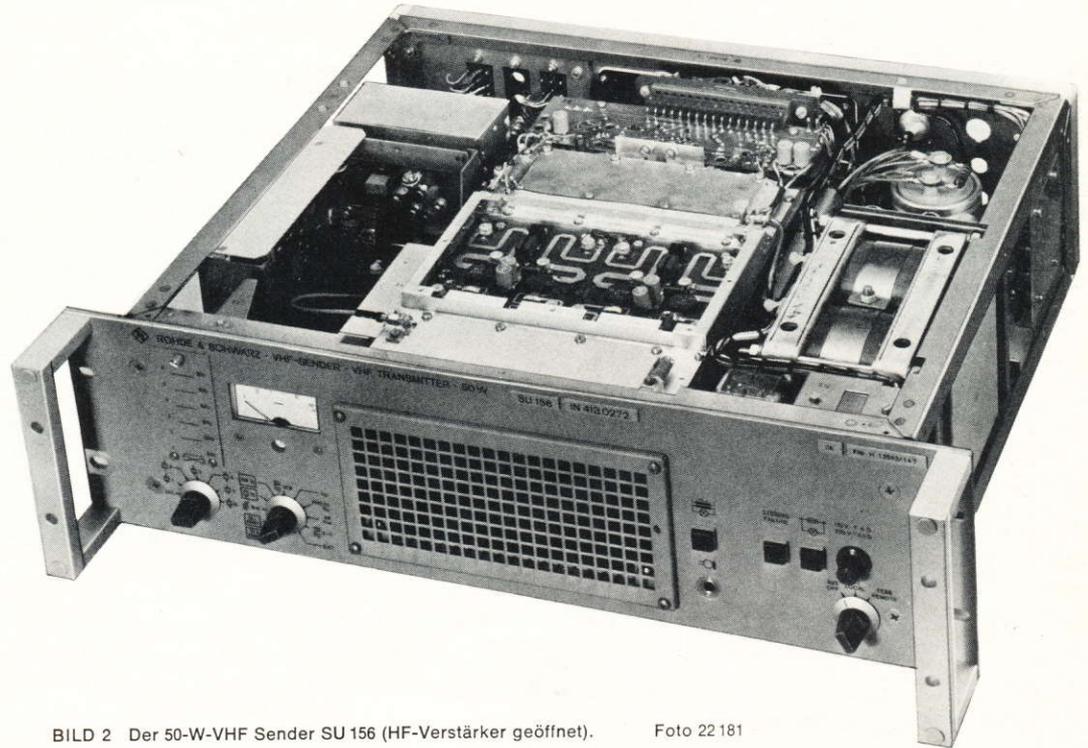


BILD 2 Der 50-W-VHF Sender SU 156 (HF-Verstärker geöffnet).

Foto 22 181

eine Fernastung der Sender notwendig macht. Dies geschieht entweder durch einen 2040-Hz-Schaltton, der über eine Postleitung mit der Modulation übertragen und dann im Sender in einem Tonschaltempfänger wieder ausgefiltert wird, oder durch ein Gleichstromsignal, das über eine spezielle Verbindungsleitung zum Sender gelangt. Der HF-Träger und die NF am Senderausgang sind ebenfalls fernüberwachbar.

Der frequenzbestimmende **Quarzoszillator** des Senders SU 151 beziehungsweise SU 156 schwingt auf der halben Sendefrequenz und kann bequem von der Frontplatte aus nach Quarzwechsel abgestimmt werden (BILD 3). Zwei Filter sorgen nach der Frequenzverdoppelung für eine gute Unterdrückung unerwünschter Frequenzen ( $f_Q$  und  $3 \cdot f_Q$ ). Der Übergabepegel vom Oszillator zum nachfolgenden dreistufigen Verstärker – der gleichzeitig als Modulator arbeitet – wurde auf etwa 500  $\mu$ W festgelegt. An dieser Schnittstelle läßt sich der Verstärker auch extern mit einer dekadischen Steuerstufe ansteuern, so daß der Sender ohne Verstärkerabstimmung beispielsweise in allen VHF-Kanälen zwischen 117 und 144 MHz im 25-kHz-Raster betrieben werden kann. Die Ausgangsleistung dieses Verstärkers beträgt ohne Modulation etwa 50 mW.

Der nachfolgende, ebenfalls dreistufige **10-W-Verstärker** stellt eine für sich abgeschlossene Baugruppe mit einem Eingangs- und Ausgangswiderstand von jeweils 50  $\Omega$  dar und ist in gedruckter Schaltungstechnik – auch mit gedruckten Spulen – aufgebaut.

Der Entwicklung des **50-W-Verstärkers** wurde besonderes Augenmerk geschenkt, denn der Endverstärker muß bei einer HF-Aus-

gang und Ausgang der Verstärkerstufen liegt in der gleichmäßigen Auslastung und der guten Entkopplung der einzelnen Transistorstufen.

Durch Defekte an der Antenne oder an der Zuleitung kann am Senderausgang ein Stehwellenverhältnis von  $s > 2$  und damit eine Überlastung des Senders auftreten. Aus diesem Grund wird die auf 50 W (Trägermittelwert) beziehungsweise 200 W (Spitzenwert) verstärkte Leistung einem **Meßrichtkoppler** zugeführt, der die an der Antenne reflektierte Leistung mißt. Das Meßsignal wird anschließend demoduliert und, wenn es einem Stehwellenverhältnis von  $s > 2$  entspricht, zum Abschalten des Senders benutzt. Der Meßrichtkoppler dient außerdem zur Hüllkurvenregelung der Amplitudenmodulation. Ein Teil der vorlaufenden Leistung wird durch den Meßrichtkoppler ausgekoppelt, gleichgerichtet und mit einem Sollsignal, bestehend aus konstanter Gleichspannung und überlagerter Modulation, verglichen. Das hierdurch entstehende Differenzsignal (Fehler-signal) regelt die Ansteuerleistung des 50-W-Verstärkers. Dadurch bleibt die Ausgangsleistung unabhängig vom Abschlußwiderstand und der Frequenz konstant, und durch die angewendete Gegenkopplung wird ein sehr kleiner Modulationsklirrfaktor (typisch  $\leq 2\%$ ) erzielt.

Die Aufbereitung der NF erfolgt im **Modulationsverstärker**. Über zwei getrennte Eingänge läßt sich der Sender entweder mit 0 dBm an 600  $\Omega$  modulieren oder über ein Mikrofon (1 mV an 200  $\Omega$ ) besprechen. Ein NF-Regelverstärker sorgt bei bis zu 20 dB schwankenden NF-Pegelwerten für konstanten Modulationsgrad. Der NF-Übertragungsbereich erstreckt sich von 300 bis 3400 Hz.

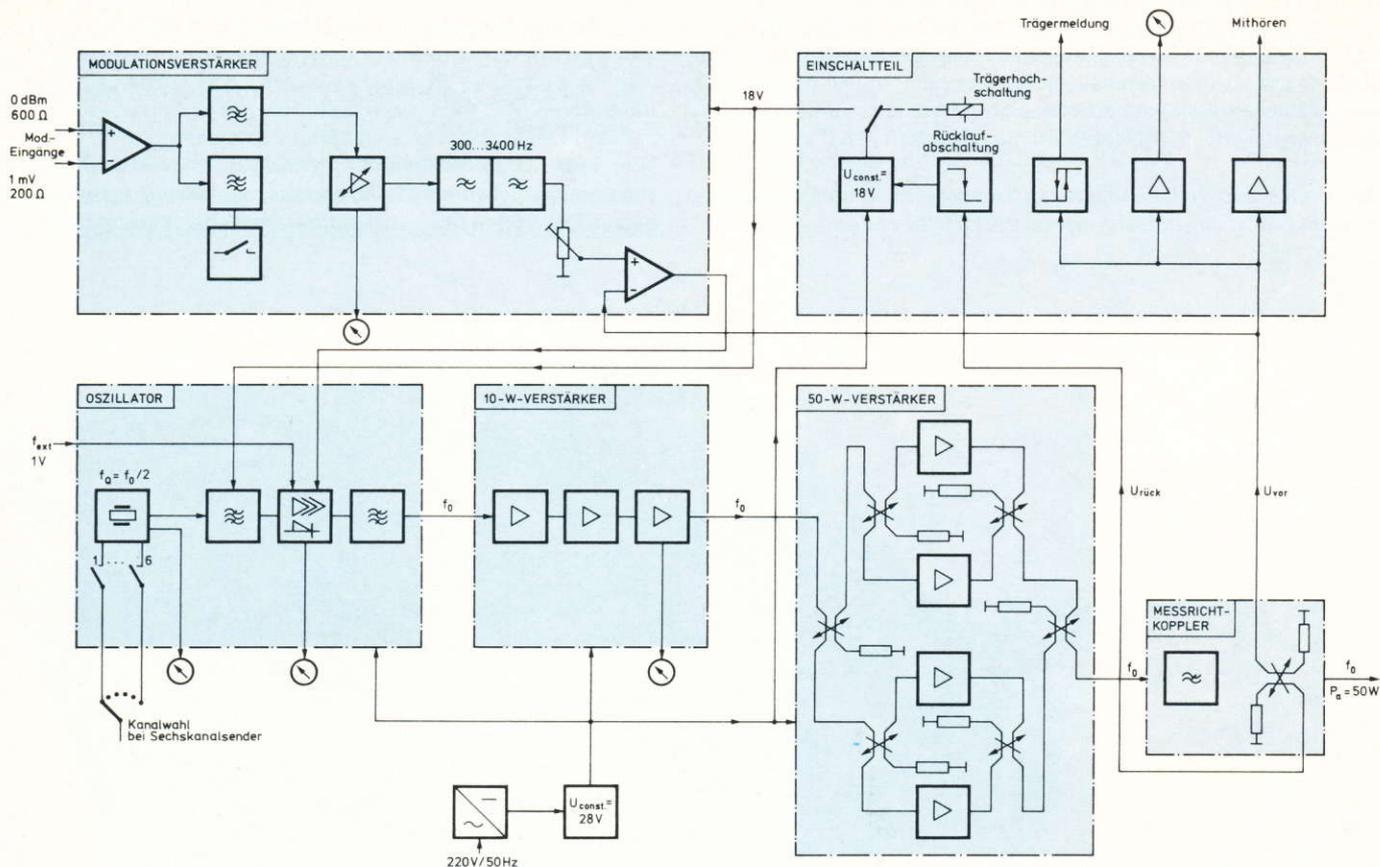


BILD 3 Prinzipschaltung des VHF-Senders SU 151 beziehungsweise SU 156.

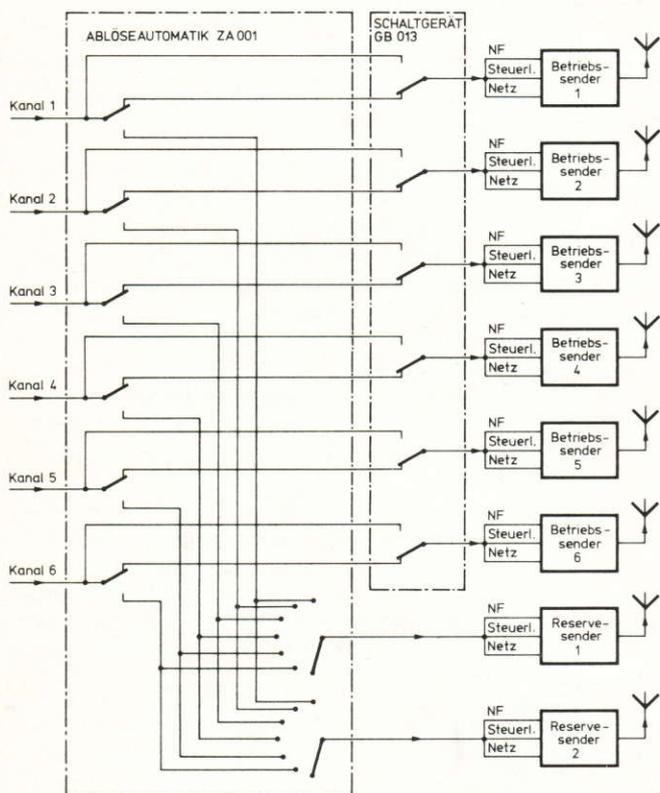


BILD 4 Blockschaltbild der VHF-Sendeanlage NU 156 mit sechs Betriebsendern SU 151 und zwei Reservesendern SU 156.

## Aufbau

Der Aufbau des Senders ist servicefreundlich: Nicht nur die Gleichstrom- und NF-Schaltungen, sondern auch die HF-Schaltungen wurden in gedruckter Bauweise ausgeführt, so daß keine Abgleicharbeiten an den Filtern und HF-Anpassungsnetzwerken vorgenommen werden müssen. Die NF-Baugruppen sind steckbar, während die HF-Schaltungen mit ihren wellenwiderstandsrichtigen Übergängen in das Gerät eingelötet sind.

Alle wärmeerzeugenden Bauelemente, wie HF-Transistoren, Spannungsregeltransistoren und Netzgleichrichter, sind auf einem zentral im Gerät angeordneten großen Kühler angebracht, der für die gesamte Wärmeabfuhr sorgt. Bei einer Kühleretemperatur von 50 °C schaltet ein Thermokontakt zwei Lüfter zur zusätzlichen Kühlung ein. Diese Konstruktion ermöglichte einen sehr platzsparenden Aufbau, ohne daß Kompromisse bezüglich des Wärmeaushalts eingegangen werden mußten. Als besonders vorteilhaft erweist sich dies bei Stapelung mehrerer Sender übereinander in einem Gestell, wie bei der Sendeanlage NU 156.

## Wartung

Der Sender ist bis auf die beiden Lüfter wartungsfrei. Die sehr hohen Laufleistungen der Lüfter in Verbindung mit nur geringer Einschaltdauer verlangen aber auch hier keine regelmäßige Wartung. Der Luftstrom wird nur durch das Kühlprofil von vorn nach hinten geführt, so daß die Kühlluft nicht mit den elektrischen Bauteilen im Senderinneren in Berührung kommt und ein Absetzen von Staub dadurch weitgehend vermieden wird.

Zur Überwachung der Betriebseigenschaften des Senders dient ein Instrument mit zugehörigem Meßstellenschalter. Alle wichtigen Größen (wie Steuerleistung, Modulation, Sendeleistung) können hier beobachtet werden.

Die Verfügbarkeit des Senders setzt sich aus der MTBF (mean time between failures) und der Reparaturzeit MTTR (mean time to repair) zusammen. Für den gesamten Sender ergibt sich eine rechnerische MTBF von etwa 8000 Stunden, und die leichte Austauschbarkeit der Baugruppen läßt eine mittlere MTTR von 15 min erwarten. Alle Baugruppen können in getrennten Meßaufbauten betriebsbereit abgeglichen werden.

## Ablöseautomatik

Die Ablöseautomatik ZA 001 hat die Aufgabe, im Störfall einen Einkanal-Betriebssender durch einen Reservesender zu ersetzen. Bei gleichzeitigem Ausfall von zwei beliebigen Betriebssendern (aus einer Gruppe von sechs) können auch zwei Reservesender angeschaltet werden. Die Reservesender sind Sechskanalsender, deren Kanäle in der entsprechenden Reihenfolge mit den Frequenzen der Betriebssender übereinstimmen, so daß beispielsweise bei Ausfall des zweiten Betriebssenders der Reservesender mit Kanal 2 den Betrieb übernimmt (BILD 4). Die Antennenzuleitungen werden nicht umgeschaltet, da jeder Reservesender zur Steigerung der Betriebssicherheit eine eigene Antenne speist.

Zur Störungserkennung werden die NF am Modulatoreingang mit der demodulierten Senderausgangsspannung verglichen sowie ein Trägerhochschaltkriterium und die Trägerrückmeldung des Senders überwacht. Fehlt zum Beispiel am Mithörausgang des Senders die Modulation, obwohl sie am Eingang vorhanden ist, so liegt ein Störfall vor, und die Ablöseautomatik schaltet um. Bei der hochfrequenten Überwachung wird auch die Last (Antenne) mit einbezogen, da bei fehlerhafter Antennenzuleitung die Reflexionsabschaltung des Senders anspricht und daher die Trägerrückmeldung ausfällt.

Die Umschaltung der NF- und Steuersignale geschieht voll-elektronisch. Ebenso enthält die Steuerschaltung der Überwachungseinrichtung ausschließlich monolithische integrierte Logikbausteine.

Auch die Ablöseautomatik ist wie der Sender mit steckbaren gedruckten Schaltungen aufgebaut, so daß im Störfall durch einfaches Austauschen der Platinen der Fehler behoben werden kann. Damit bei Ausfall der Ablöseautomatik nicht der Betrieb von sechs Betriebssendern gefährdet ist, enthält die Anlage das Schaltgerät GB 013, mit dem sich die Ablöseautomatik am Ort oder von fern abschalten und überbrücken läßt. Nach Umschaltung kann der Betrieb dann ohne Reservesender voll weitergeführt werden.

Die Gegenüberstellung der rechnerischen Verfügbarkeit aller Betriebskanäle bei intermittierendem, unbemanntem Betrieb über 24 Stunden einer Anlage mit 100%iger Einzelreserve und der Anlage NU 156 ergibt den Faktor 36 zu Gunsten der NU 156. Das heißt, daß die Anlage NU 156 nicht nur eine kürzere Betriebsunterbrechung bei Umschaltung nach Störung hat, sondern auch eine 36mal größere Betriebssicherheit als sechs Einzelsender mit je einem Reservesender.

F. Lex; A. Springl

### KURZDATEN DER VHF-SENDEANLAGE NU 156

Frequenzbereich	117 ... 144 MHz
Sendeleistung	50 W
Modulationsart	AM
Anzahl der Betriebssender	6 (Einkanal)
Anzahl der Reservesender	2 (Sechskanal)
Umschaltzeit auf Reserve	< 1 s
Störungsmeldung	durch NF-Signal (Frequenz wählbar)
Abmessungen (B×H×T)	550 mm × 1783 mm × 593 mm
Bestellnummer	413.0272 ...

NÄHERES LESERDIENST KENNZIFFER 66/4

## Buchbesprechung: Bodenantennen für Flugsysteme

Das Anfang 1974 im Verlag R. Oldenbourg, München, Wien, erschienene Buch von Dr. Rudolf Greif aus der Schriftenreihe „Ausrüstung in Luft- und Raumfahrt“, Herausgeber Dr. Karl H. Fischer, TU München, behandelt einen beträchtlichen Teil der gesamten Antennentechnik, denn von 10 kHz bis über 10 GHz gibt es nur wenige Oktaven, in denen keine Funkanlagen für Flugsysteme arbeiten. Die sehr unterschiedliche Wellenausbreitung in diesem großen Frequenzbereich wird einleitend dargestellt. Der erste Hauptabschnitt behandelt Kenngrößen und wichtige Formen von Antennen: Schlitzantennen, Strahlergruppen, vor allem auch die logarithmisch-periodischen Antennen; die hier besonders interessierenden Reflektorantennen mit ihren Erregern wer-

den ausführlich beschrieben wie auch die Grundlagen aktiver Antennen, zu deren Anwendung im Flugfunk der Buchautor als Mitarbeiter des Hauses Rohde & Schwarz beträchtliche Vorarbeit geleistet hat.

Die Antenne als Element von Systemen ist das Thema des zweiten Hauptabschnitts des rund 250 Seiten umfassenden und mit 151 Bildern versehenen Buches. Die Lang- und Kurzstreckennavigation sowie Peilanlagen zeigen besonders deutlich das Anliegen des Verfassers, an Hand der Funktion des Gesamtsystems die Anforderungen an die Antenne aufzuzeigen. Es folgen Ausführungen über Satelliten-Bodenstationen und phasengesteuerte Antennen. In abschließenden Kapiteln wird auf die

Messungen und die konstruktive Gestaltung von Antennen eingegangen.

Der Verfasser hat die Antennen-Entwicklung bei Rohde & Schwarz aufgebaut und mehr als zwanzig Jahre geleitet. Diese lange Erfahrung und die breite Fachkenntnis ermöglichten es ihm, das umfangreiche Gebiet systematisch und anschaulich in komprimierter Form darzustellen. Der bewußte Verzicht auf Ausführungsdetails, die schnell veralten, wird dem Buch im Zeitalter immer rascherer Produkt-Innovation lange Aktualität sichern. Es bleibt zu wünschen, daß die Buchneuerscheinung trotz des recht hohen Preises von DM 78,- weite Verbreitung findet.

Sta