

laufes zu Anfang jedes Grads (unter Aussparung jedes 10. Grades) kurz ausgetastet, womit eine Genauigkeit von 0,1° erzielt wurde.

1936 wurden drei Sendestellen eingerichtet: Rechlin, Mietgendorf (bei Trebbin) und Wasserkuppe. Jede Anlage besaß nun je zwei Sender (von je 20 W), von denen einer die untere Antennenhälfte mit Doppelkeulendiagramm (Minimum = exakte Richtung = „Zeiger“), der andere die obere Antennenhälfte mit einfachem Keulendiagramm und richtungsabhängiger Tastung als „Skala“ speiste [87]. Die zugehörige *Empfangsanlage „Bernhardine (1 m)“* bestand aus zwei Empfängern, einem Umformer, einem Siebgerät und einem Wachstumsschreiber. Die Erprobungsflüge ergaben in 4000 m Höhe Reichweiten von ca. 260 km (Sender am Boden) bzw. ca. 340 km (Sender auf einem Turm) mit einem mittleren Fehler von $\pm 0,3^\circ$, frei von jeglichem Dämmerungs-, Nacht- oder Berg-Effekt.

Im Sommer 1938 rüstete Telefunken die Sendestellen Rechlin und Mietgendorf mit neuen Sendern aus (Quartzsteuerung, optische Tastung mit Hellschriftimpulsen, Buchstabenkennung der Station). Gleichzeitig wurde eine neue *Doppelpfangsanlage „Bernhardine (1 m)“* mit 2 x 2 Empfängern und einem Doppelspur-Hellschreiber (von Siemens) geschaffen, um so ohne Frequenzwechsel eine Standortfeststellung aus zwei Empfangsvorgängen verschiedener Sender zu ermöglichen.

Als 4. Bauzustand wurde dann 1940 noch eine neue Sendeanlage in Mietgendorf und eine in Schilling (für die Marine!) aufgebaut. Diese besaßen besondere Parabolspiegel mit 6 λ Öffnung (Brennpunktabstand der Strahler $\frac{5}{4}\lambda$). Gleichzeitig entwickelte man eine neue *vollautomatische Empfangsanlage „Bernhardine (1 m)“* mit selbsttätigem Start-Stop mit Pegelregelung, mit nur einem Empfänger, einem Siebgerät zur Trennung der Kanäle für „Zeiger“ und „Skala“ und einem Siemens-Hellschreiber; die Erprobung zeitigte sehr gute Ergebnisse. Um nicht vollkommene neue Bordgeräte einführen zu müssen, wurde das Verfahren „Bernhard“ vorerst zurückgestellt [87].

Als im Sommer 1940 die „Knickebein“-Anlagen infolge von Feindstörungen kaum mehr eingesetzt werden konnten, verlangte die Truppe nach einem störsicheren Ersatz nach Art des „Bernhard (1 m)“. Da auf 300 MHz damals keine höheren Leistungen als 200 W hergestellt werden konnten, beschloß das RLM eine Umstellung auf 30 – 33,3 MHz, d. h. in den Bereich des „Knickebein“ und

seiner Störsender! Zum vorhandenen Bordgerät benötigte man so nur ein Zusatzgerät. Im Jahre 1941 entstand das *UKW-Richtstrahl-Drehfunkfeuer FuSan 724 (725) „Bernhard“* (Telefunken/Lohmann) mit 2x500 W (5 KW) Leistung. Seine Richtantenne drehte sich mit Hilfe von Elektromotoren auf einem Schienenkranz zweimal pro Minute um 360°. Dabei wurde die jeweilige Strahlrichtung der Antenne („Skala“) in Schritten von 1° (später 0,5°) mit Hellschriftmodulation übertragen. Da die Empfangsdauer an Bord des Flugzeuges bei Durchgang des keulenförmigen Strahlungsdiagrammes des Bodensenders (2x pro Minute) nur je 3 ... 5 Sekunden betrug, wurde der Hellschreiber an Bord nur während dieser Zeit in Gang gesetzt und danach wieder gestoppt. Zu diesem Zweck diente ein zusätzlich abgestrahltes Doppelkeulendiagramm, dessen Feldstärke ebenfalls vom Hellschreiber aufgezeichnet wurde und dessen scharfes Minimum die exakte Gradzahl angab. Die Frequenz dieser Abstrahlung lag so dicht bei der mit Hellschrift modulierten, daß sie beide mit einer Einstellung des Bordempfängers gleichzeitig empfangen werden konnten.

Die erste Sendeanlage ging im September 1941 in Trebbin in Erprobung. Im Mai 1944 waren im Westen folgende Stationen fertig bzw. im Aufbau:

Trebbin/b. Berlin	Deutschland
Den Heider	Niederlande
Bergen-Belveder	Niederlande
Arcachon b. Bordeaux	Frankreich
Sizun-Mt. St-Michel/b. Brest	Frankreich
St-Vaast-La Pernelle/b. Cherbourg	Frankreich
Malémont/b. Reims	Frankreich
Pouzanges/b. Nantes	Frankreich
Favières/b. Chartres	Frankreich
Mt. Violette-Désvres/b. Boulogne	Frankreich

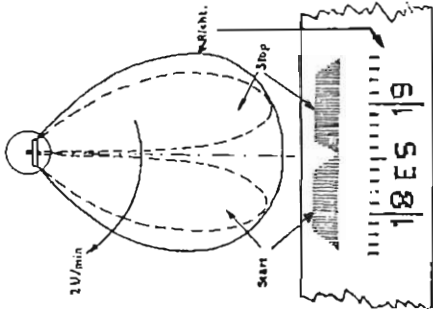
Mit fünf Boden- und 17 Bordanlagen wurde ein Truppenversuch durchgeführt. Im Januar 1945 waren

Thisted	Dänemark
Bredstedt/b. Husum (?)	Deutschland
Trebbin/b. Berlin	Deutschland

im Einsatz, weitere Anlagen befanden sich im Ausbau:

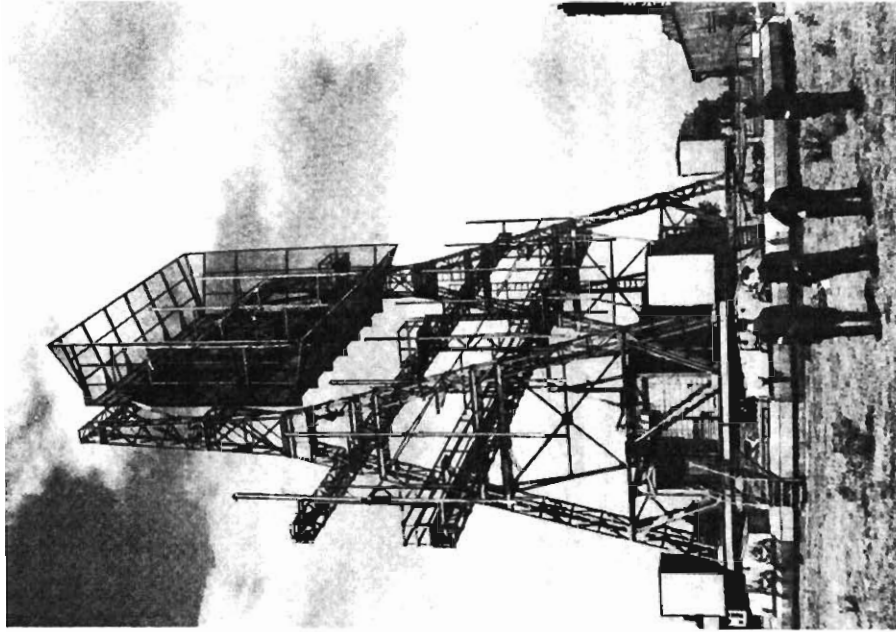
Buke/b. Paderborn
Aidlingen/zw. Böblingen und Herrenberg
Burgsteinfurt/Münsterland
Thyrow/Mark Brandenburg
?/Teutoburger Wald
Kaiserberg/b. Breslau, verlegt nach Leopoldstal/Lippe

Außerdem sollen noch weitere bei Pilsen, Kassel, Wien und München vorgesehen gewesen sein [87, 101, 239].



Richtkeulen der UKW-Drehfunkfeuer „Bernhard“ (darunter Schreibstreifen des Bordgerätes „Bernhardine“, FuG 120).

UKW-Drehfunkfeuer FuSAn 724/725 „Bernhard“ (500 W/ 5 KW, 30,0 – 33,3 MHz), Höhe 28 m, Breite 35 m, Schienkranzdurchmesser 22,6 m, Masse 120 t.



Es wurden bei 5000 m Flughöhe Reichweiten von 400 km bei einer Navigationsgenauigkeit von $\pm 0,5^\circ$ erzielt. Bei entsprechender Einrichtung der Bodenstelle war es auch möglich, für Führungszwecke zum Flugzeug kurze Buchstaben- oder Zeichengruppen zu übertragen. In diesem Falle ergänzte man den Bodensender durch einen Geber, an welchem durch Stöpseln eine aus wenigen Buchstaben oder Zeichen bestehende Nachricht eingestellt werden konnte, welche dann automatisch mit Hellschreibmodulation übertragen wurde. Etwa 2500 Bordgerätesätze zum Einbau in Ju 88, Do 335 und andere Flugzeugtypen waren bis Kriegsende geliefert, eine vielfach höhere Anzahl in Fertigung [94].

In Entwicklung befand sich bei Kriegsende eine vereinfachte Ausführung FuG 120k, welche durch Fortfall der Siebglieder wesentlich kleiner war und vor allem in einzelligen Flugzeugen verwendet werden sollte. Durch Ineinanderschreiben von „Zeiger“ und „Skala“ wurde die Genauigkeit auf etwa $\pm 4^\circ$ reduziert, was man aber für tragbar hielt [101].

In den Jahren 1937 bis 39 untersuchte die DVL-Abteilung (Dr. Plendl, Hofner) bei der E-Stelle Rechlin ein DMW-Richtstrahl-Drehfunkfeuer = „Drehbake M“. Diese strahlte in Abhängigkeit von der Senderichtung einen veränderlichen Modulationston ab (5,3 kHz – 6,0 kHz im Azimutbereich 270–0–90° bzw. 8,0 kHz – 10,0 kHz im Bereich 90–180–270°). Um eine Richtkeulenbreite von nur $\pm 7^\circ$ bei noch handhabbaren Antennenabmessungen erzeugen zu können, mußte eine Trägerfrequenz im Bereich 261 – 268 MHz gewählt und ein 100-W-Sender mit Magnetron von Telefunken eingesetzt werden.

2.7 Hyperbelnavigations-Anlagen

Das Bordgerät = Funkfeuer-Empfangszusatzgerät FuG 120 „Bernhardine“ (Siemens), ab 1943 in Serie gefertigt, war als Zusatz zum Funklandegerät FuBI 2 geschaltet, d. h. der Landfunkfeuer-Empfänger EBI 3 diente während des Streckenfluges zum Empfang der Drehfunkfeuer „Bernhard“. Die Ausgangsspannung wurde über einen Schreibverstärker zu einem Hellschreiber geleitet. Dieser wurde bei der späteren Ausführung FuG 120a durch einen wesentlich kleineren Peilschreiber mit Papierstreifen ersetzt. [Eine neuere Ausführung des Peilschreibers mit kreisrunder Folie und automatischer Löschschreibung (beim FuG 120b) erwies sich als nicht betriebsfähig, so daß diese Anlagen auf FuG 120a rückgerüstet wurden.]

Motorisierte „Drehbake M“ (links) und stationäre Anlage auf dem Wendelstein (rechts).

