

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 45 (1967)

**Heft:** 5

**Artikel:** Antennen mit nachtparabolischen Reflektoren

**Autor:** Debrunner, E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874865>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

**Zusammenfassung.** Nach einer kurzen Einführung in das Problem wird die allgemeine Theorie der Strahlenoptik für Reflektoren beliebiger Form dargestellt und anhand eines Beispiels erläutert. Die Diskussion des in der Praxis günstigen Abbildungsgesetzes zeigt, dass ein ausbaubares System nichtparabolischer Reflektoren existiert und mit Vorteil angewendet werden kann.

## Antennes avec réflecteurs non paraboliques

**Résumé.** Après un bref exposé du problème, on formule la théorie générale de l'optique géométrique pour des réflecteurs de forme quelconque et on l'explique à l'aide d'un exemple. La discussion de la fonction de transformation la plus favorable dans la pratique montre qu'il existe un système extensible de réflecteurs non paraboliques et qu'il peut être employé avantageusement.

## Antenne con riflettori non parabolici

**Riassunto.** Dopo una breve introduzione nel problema, è esposta e spiegata con un esempio la teoria generale dell'ottica d'irradiazione per riflettori di qualsiasi forma. La discussione della legge sulla riflessione, che in pratica è molto favorevole, indica che un sistema estensibile di riflettori non parabolici esiste e che può essere impiegato vantaggiosamente.

### 1. Allgemeines

Reflektorantennen werden in erster Näherung auf Grund der Gesetze der Strahlenoptik konstruiert. Deshalb handelt es sich dabei – zumindest was die Reflektoren betrifft – um über einen breiten Frequenzbereich brauchbare Anlageteile. Die weite Verwendung von Reflektorantennen erklärt sich jedoch auch noch daraus, dass für einen Gewinn von 30...60 dB die Form und damit die Konstruktion im Vergleich zu andern Antennentypen einfach ist und dass für den Empfang der die gesamte Rauschtemperatur erhöhende ohmsche Verlust der Zuleitungen gering gehalten werden kann.

Als einfachster Vertreter dieser Antennenart darf das Rotationsparaboloid, in dessen Brennpunkt sich die Primärquelle befindet, betrachtet werden. Die Strahlungseigenschaften sind in diesem Falle nicht bloss vom Durchmesser und der Brennpunktdistanz des Reflektors abhängig, sondern ebenso sehr von dessen Ausleuchtung durch die Primärquelle. Denn das Strahlungsdiagramm der gesamten Antenne ist in guter Näherung durch die Feldverteilung in der Antennenöffnungsebene gegeben, und zwischen dieser und dem Strahlungsdiagramm der Primärquelle besteht der in *Figur 1* dargestellte Zusammenhang.

Wie sich somit zeigt, führt die Konstruktion einer Reflektorantenne zur Realisierung einer «geeigneten» Primärquelle. Daran ändert beispielsweise auch die Verwendung von *Cassegrain*-Antennen nicht viel, da der neu auftretende Parameter, die Exzentrizität  $e$  des Hyperboloides, mehr oder weniger bloss einen Verhältnissfaktor darstellt (*Figur 2*).

Zur Charakterisierung des Strahlungsdiagrammes einer Primärquelle ist es zweckmässig, das Verhältnis der 3-dB-Strahlungsweite zur 20-dB-Strahlungsweite  $= (\Theta_3/\Theta_{20})$  zu benutzen. Diese Verhältnisszahl beträgt für Hornstrahler 0,4...0,5, während für eine gute Ausleuchtung eines grossen Parabolspiegels gemäss durchgeführter Berechnungen je nach Bandbreite ein Wert von 0,8...0,9 wünschbar wäre. Selbstverständlich sind stets auch noch die Forderungen nach guter Rotationsymmetrie und kleinen Seitenlappen sowie einer geringen Abstrahlung der unerwünschten Polarisation zu berücksichtigen.

Die Verwirklichung einer diesen Bedingungen genügenden Strahlungsquelle wäre theoretisch nicht unmöglich, nur müssen dazu Bedingungen erfüllt werden, die den Forderungen der Praxis zuwiderlaufen. Zerlegt man nämlich das als erwünscht angegebene Strahlungsdiagramm in seine Eigenfunktionen, also in Kugelfunktionen, so stellt man fest, dass die Amplituden der Kugelfunktionen höheren Grades mitberücksichtigt werden müssen. Es geht somit darum, Modi von Kugelwellen verschiedener Ordnungszahlen einander zu überlagern. Auf die technischen Probleme der Erzeugung dieser Modi sei hier nicht eingegangen. Wie mathematische Überlegungen zeigen, muss die Ausdehnung der Primärquelle für eine gegebene Frequenzbandbreite bei wachsendem  $(\Theta_3/\Theta_{20})$  sehr stark zunehmen, und dementsprechend muss auch die Distanz zwischen Primärquelle und erstem Reflektor sein. Die gute Ausleuchtung des Reflektors wird somit durch eine komplizierte Primärquelle, eine im allgemeinen geringe Bandbreite und grössere Abmessungen der gesamten Antenne erkauft.

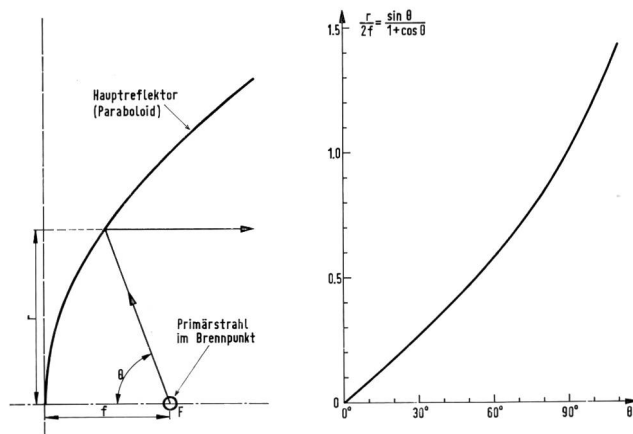


Fig. 1  
Klassische Parabolantenne: geometrische Zusammenhänge

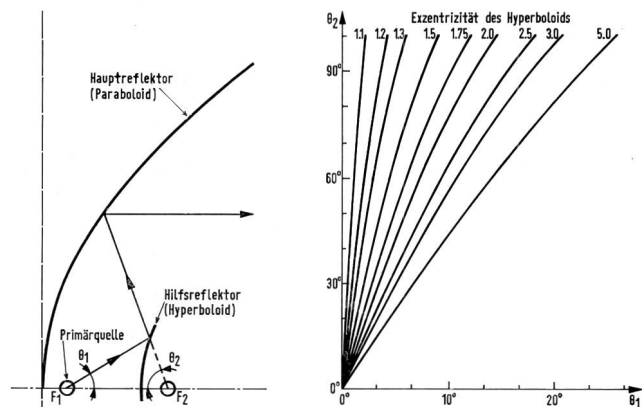


Fig. 2  
Cassegrainantenne: Abbildungsgesetz zwischen  $\theta_1$  und  $\theta_2$

Aus diesen Gründen wird die geschilderte Multimode-Technik für Primärquellen von Reflektorantennen nur in beschränktem Rahmen angewandt, die Primärquelle strahlt also bloss Modi geringerer Ordnungszahl ab. Dabei geht es in erster Linie um die Erzielung eines rotationssymmetrischen Strahlungsdiagrammes mit unterdrückten Seitenlappen und um die Reduktion der in der unerwünschten Polarisationsart abgestrahlten Leistung. Werden die von der Primärquelle ausgehenden Strahlen entsprechend der von Cassegrain vorgeschlagenen Anordnung zuerst an einen Hilfsreflektor zurückgestrahlt bevor sie an den Hauptreflektor auftreten, so wird, wie gezeigt worden ist [1, 2], durch geeignete Wahl der Formen der beiden Reflektoren eine gute Ausleuchtung verhältnismässig einfach erreicht. Während bei Verwendung klassischer parabolischer Reflektorantennen Wirkungsgrade von 50...60% angenommen werden, sind nun Wirkungsgrade von 80...85% möglich. Damit müssen in den Fällen hoher Anforderungen an die Antennencharakteristiken nicht mehr unbedingt die komplizierten konstruktiven Bauweisen, wie Hornparabolantennen, benutzt werden.

Bedingung für diese Entwicklung in der Antennentechnik ist der Wegfall der stillschweigenden Voraussetzung, der Hauptreflektor müsse ein Paraboloid sein. Die geometrischen Gesetze der Strahlenoptik für rotationssymmetrische Reflektorantennen sind aus der Literatur bekannt. Nachdem in dieser Arbeit vorerst die Formeln für den allgemeinsten Fall angegeben werden, soll die Zweckmässigkeit des Einsatzes dieser Antennen mit nicht genau parabolischen Reflektoren diskutiert werden.

## 2. Berechnung von Reflektoren allgemeiner Form

### 2.1 Grundlegende Formeln und Zusammenhänge

In diesem Abschnitt sei das Problem der Reflexion an mehreren Flächen gemäss der Strahlenoptik mit Hilfe der Vektorrechnung allgemein behandelt. Dazu ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass in diesem Falle die Synthese von Reflektorantennen stets auf die Aufgabe des Auflörens eines Systems linearer Differentialgleichungen mit variablen Koeffizienten führt.

Gegeben seien zwei Brennpunkte  $F_1$  und  $F_2$ . Dabei werden die von  $F_1$  ausgehenden Strahlen zuerst an der Fläche  $A_1$ , dann an der Fläche  $A_2$  und schliesslich an der  $m$ -ten Reflexionsfläche  $A_m$  reflektiert, um nach  $F_2$  zu gelangen. Diese Flächen seien regulär. Im folgenden betrachtet man einen einzigen Strahl, der auf  $A_i$  im Punkte  $P_i$  reflektiert wird.  $P_i$  soll auf  $A_i$  durch die Flächenkoordinaten  $a_i, b_i$  bestimmt sein. Von diesem Koordinatensystem wird lediglich vorausgesetzt, dass einem jeden Punkte  $P_i$  eindeutig  $a_i$  und  $b_i$  zugeordnet werden können.  $n_i$  ist der Normalvektor auf  $A_i$  in  $P_i$ .

Folgende Vektoren  $v_i$  werden eingeführt

$$\left. \begin{array}{l} \vec{v}_1 = \vec{F_1 P_1} \\ \dots \\ \vec{v}_i = \vec{P_{i-1} P_i} \\ \dots \\ \vec{v}_{m+1} = \vec{P_m F_2} \end{array} \right\} \quad (1)$$

Die Gesamtlänge  $S$  des auf diese Weise reflektierten Strahls beträgt

$$S = \sum_{i=1}^{m+1} |v_i| \quad (2)$$

Als Reflexionsbedingungen können angegeben werden

$$\left\{ \frac{v_i}{|v_i|} - \frac{v_{i+1}}{|v_{i+1}|} \right\} \times n_i = 0 \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

oder

$$\frac{\delta S}{\delta a_i} = \frac{\delta S}{\delta b_i} = 0 \quad (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

wobei die Äquivalenz von (3) und (4) leicht nachzuweisen ist.

Wie ersichtlich, ist es gleichgültig, ob sich  $F_2$  im Endlichen oder Unendlichen befindet. Auch darf  $F_2$  ein bloss virtueller Brennpunkt sein. Dann sind allerdings folgende Änderungen der Formeln (2) und (3) vorzunehmen.

$$S' = S - 2 \cdot |v_{m+1}| \quad (2a)$$

$$\left\{ \frac{v_m}{|v_m|} + \frac{v_{m+1}}{|v_{m+1}|} \right\} \times n_m = 0 \quad (3a)$$

Damit wäre die Allgemeinheit der Formeln gewährleistet. Die Diskussion dieser Gleichungssysteme würde den vorgegebenen Rahmen dieses Beitrages sprengen, weshalb nachstehend nur die wesentlichsten Ergebnisse wiedergegeben werden.

Ist die Zahl der vorhandenen Reflektoren  $m = 1$ , so ergibt die Auflösung des Gleichungssystems einen Rotationskegelschnitt. Natürlich muss noch ein Punkt dieser Fläche (= Anfangsbedingung) gegeben sein.

Wenn jedoch  $m > 1$ , so sind die Gleichungssysteme (3) und (4) nicht vollständig, das heisst, es müssen zusätzliche Bedingungen eingeführt werden [3].

Im besonderen müssen für  $m = 2$  entweder der eine Reflektor oder zwei skalare Gleichungen zusätzlich gegeben sein. Durch zwei skalare Gleichungen kann nun aber zum Beispiel jedem von  $F_1$  ausgehenden Strahl die Richtung zugeordnet werden, mit der er nach den Reflexionen in  $F_2$  eintreffen soll, und stellt man Dichten der Strahlungsleistung durch Dichten der geometrischen Strahlen dar, so wird es ganz offensichtlich, dass man bei Vorhandensein von zwei Reflektoren ein Strahlungsdiagramm in eine gewünschte Feldverteilung überführen kann.

Entsprechend dürfen für  $m = 3$  zwei der Reflektoren vorgegeben sein, wobei der dritte dann konstruierbar ist.

### 2.2 Beispiel der Berechnung von Reflektoren

Zur Illustration seien die Reflektorformen einer rotationssymmetrischen, verallgemeinerten Cassegrain-Antenne berechnet. Auf diesen für die Praxis wichtigen Fall wird nochmals zurückzukommen sein.

Zweckmässigerweise benutzt man für den Hilfsreflektor die sphärischen Koordinaten  $\varrho, \Theta, \Phi$  und für den Hauptreflektor die Zylinderkoordinaten  $z, r, \Phi$  mit demselben Ursprung und gleicher

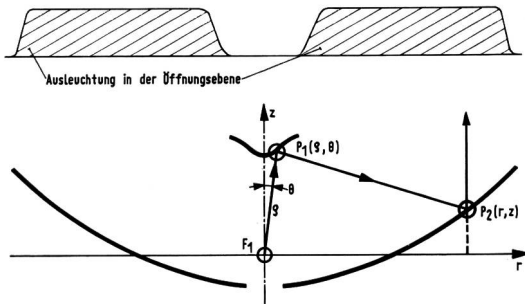


Fig. 3  
Allgemeine rotationssymmetrische Antenne: Strahlengang in einer Meridianebene

Hauptachse. Die Aufgabe besteht nun darin, die diese beiden Reflektorflächen beschreibenden Funktionen (5) und (6) zu finden.

$$\varrho = \varrho(\theta, \Phi) \quad (5)$$

$$z = z(r, \Phi) \quad (6)$$

Wegen der Rotationssymmetrie besteht Unabhängigkeit von der Variablen  $\Phi$ , und man führt deshalb, wie Figur 3 zeigt, die Berechnung in einer Meridianebene aus.

Da der zweite Brennpunkt  $F_2$ , dem die Strahlen zugeführt werden müssen, im Unendlichen liegt, benützt man den der Formel (2) entsprechenden Ausdruck:

$$S = \varrho + \overline{P_1 P_2} - z = \text{const.} \quad (7)$$

Dabei ist  $S$  bekannt, da, entsprechend den für die Lösung der Differentialgleichungen verlangten Anfangsbedingungen, auf dem ersten und zweiten Reflektor je ein dem andern zugeordneter Punkt vorgegeben sein muss (beispielsweise die in Figur 3 eingezeichneten Punkte  $P_1$  und  $P_2$ ).

Gemäss (4) muss sein

$$\begin{aligned} \frac{\delta S}{\delta \theta} &= 0 \\ \frac{\delta S}{\delta r} &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

was nach Umformungen zu den folgenden Ausdrücken führt:

$$\frac{d\varrho}{d\theta} = \varrho \frac{r \cdot \cos\theta - z \cdot \sin\theta}{S + z \cdot (1 - \cos\theta) - r \cdot \sin\theta} = F_1(\varrho, \theta, r, z) \quad (9)$$

$$\frac{dz}{dr} = \frac{r - \varrho \cdot \sin\theta}{S - \varrho \cdot (1 - \cos\theta)} = F_2(\varrho, \theta, r, z) \quad (10)$$

Weil diese beiden Gleichungen noch nicht genügen, darf man den Zusammenhang zwischen  $r$  und  $\theta$  vorschreiben. Dann kann geschrieben werden:

$$\frac{dz}{d\theta} = \frac{dr}{d\theta} \cdot \frac{dz}{dr} \quad (11)$$

Mit Hilfe von (9), (10) und (11) vermag man nun die gesuchten Funktionen  $\varrho(\theta)$  und  $z(r)$  zu berechnen. Die hier benützte Beziehung  $r = r(\theta)$  findet man bei Anwendung der Energiegleichung auf Grund der Leistungsdichte in der Antennenöffnungsebene und der Strahlungscharakteristik der Primärquelle.

### 2.3 Bemerkungen zur Gültigkeit der Strahlenoptik

Die bei der Konstruktion von Reflektorantennen bestehenden Freiheiten konnten mit Hilfe der Strahlenoptik einfach dargestellt werden. Dass es sich dabei um eine Näherungsrechnung gehandelt hat, ändert an diesem grundsätzlichen Sachverhalt nichts. Allerdings ist – besonders bei verhältnismässig kleinen Antennen –, aus den schon im ersten Abschnitt erwähnten Gründen, trotzdem nicht jede beliebige Ausleuchtung voll zu verwirklichen. Da es hier in erster Linie um einen Vergleich von parabolischen Reflektoren und solchen allgemeinerer Form geht, mag es genügen, wenn gezeigt wird, dass, gerade wegen der durch die Praxis gestellten Anforderungen, die vorstehend angegebenen Formeln bei optimierten Reflektoren einen weiteren Gültigkeitsbereich besitzen. In diesem Zusammenhang muss ebenfalls auf die in Abschnitt 3 angestellten Überlegungen verwiesen werden, denen zufolge die Verwendung nichtparabolischer Reflektoren vor allem bei grossen Antennen interessante Ergebnisse liefert.

Die Anwendbarkeit der Strahlenoptik bedingt, dass die Krümmungsradien der Reflektoren gross sind gegenüber der Wellenlänge, wobei selbstverständlich auch noch die Feldverteilung zu berücksichtigen ist. Würde von einer Antenne nur ein hoher Gewinn gefordert, so müsste in der Öffnungsebene eine uniforme Feldverteilung angestrebt werden. In diesem Falle hätte die Strahlenoptik je nach dem Verhältnis von Antennendurchmesser zu Wellenlänge nur beschränkte Gültigkeit. Nun aber besteht ebenfalls die Forderung nach geringen Strahlungsseitenlappen, was zur Folge hat, dass in der Öffnungsebene Feldverteilungen gewählt werden müssen, die zu Reflektoren mit eher grösseren Krümmungsradien führen, als dies bei den klassischen Cassegrain-Antennen der Fall wäre (s. Fig. 3).

Nicht nur ist die Gültigkeit der Strahlenoptik stillschweigend vorausgesetzt worden, sondern ebenso das Vorhandensein einer Primärquelle mit wohldefiniertem Phasenzentrum. Soll die Antenne nur für ein verhältnismässig schmales Frequenzband ausgelegt sein, so lassen sich nach der bekannten Methode solche Phasenfehler durch leichte Modifikation der Formen des Hilfsreflektors korrigieren. Ganz allgemein muss bei der Konstruktion der Primärquelle ein Kompromiss zwischen den Forderungen nach «günstigstem» Strahlungsleistungsdiagramm und möglichst kleinen Phasenfehlern gesucht werden. Da nun aber unter Verwendung von Reflektoren beliebiger Formen die Abbildung des Strahlungsleistungsdiagrammes der Primärquelle in die Leistungsverteilung in der Antennenöffnungsebene vorgeschrieben werden kann, dürfen bei der Konstruktion der Primärquelle die Anforderungen an deren Leistungsstrahlungsdiagramm verringert und die Forderungen nach kleinen Phasenfehlern erhöht werden.

### 3. Die Verwendung nichtparabolischer Reflektoren in der Praxis

Nachdem wir bereits auf die Freiheiten bei der Bestimmung der Reflektorformen hingewiesen haben, muss gezeigt werden, weshalb der Antennenkonstrukteur von den ihm zur Verfügung stehenden Möglichkeiten Gebrauch machen soll. Es ist ebenso unrichtig, anzunehmen, durch Verlassen der klassischen Reflektorformen würden alle grundsätzlichen Probleme gelöst, wie zu glauben, es handle sich hier um eine in der Praxis nicht anwendbare Theorie.

Wie eingangs erwähnt, betrachtet man also nicht mehr die Reflektoren als gegeben, sondern deren Form wird auf Grund der Eigenschaften einer gegebenen Primärquelle sowie der verlangten Feldverteilung in der Antennenöffnungsebene berechnet. Damit muss sich von Seiten der Betriebsorganisation her unweigerlich die Frage nach der Zweckmässigkeit stellen. Denn selbstverständlich ist es sinnvoller, die grossen und teureren Anlageteile zu normieren und die kleineren, leichter auswechselbaren Elemente, unter Berücksichtigung der konkreten Bedürfnisse, den ersteren anzupassen. Diese Problemstellung ist nicht von untergeordneter Bedeutung. Sie ergibt sich übrigens auch beim Bau einzelner Antennen für besondere Zwecke, beispielsweise für Nachrichtenverbindungen über Satelliten. Nur wird hier als Gegenargument angeführt, dass aus Kostengründen die Werkzeuge, wie sie schon für die Herstellung parabolischer Reflektoren vorhanden sind, ebenfalls benützt werden müssen.

Die Beantwortung dieser Fragen führt zur Diskussion der zu verwendenden Reflektorformen oder, genauer gesagt, zur Behandlung der Gesetze der Abbildung des Strahlungsdiagrammes der Primärquelle in die Feldverteilung. Nachfolgend wird der in der Praxis wichtigste Fall, jener der rotationssymmetrischen Antenne, bestehend aus einem Haupt- und einem Hilfsreflektor, behandelt.

### 3.1 Wahl der Antennenausleuchtung

Bei der Wahl der Antennenausleuchtung muss ganz allgemein ein Kompromiss zwischen hohem Wirkungsgrad, unterdrückten Seitenstrahlungsloben und geringem Spillover gesucht werden. Während der Spillover durch Vergrößerung der Reflektoren verkleinert werden kann, nehmen die Seitenstrahlungsloben mit kleiner werdendem  $(r_3/r_{20})$  ab. Dabei sei unter  $r_3$  die 3-dB-Breite und unter  $r_{20}$  die 20-dB-Breite der Feldverteilung in der Antennenöffnungsebene verstanden. Eine Verminderung von  $(r_3/r_{20})$  bedingt jedoch ebenfalls eine Verschlechterung des Wirkungsgrades.

Die üblicherweise verwendeten Hornstrahler weisen  $(\Theta_3/\Theta_{20})$ -Werte von 0,4...0,5 auf. Wie schon gezeigt wurde, gilt dann für parabolische Hauptreflektoren

$$(r_3/r_{20}) \approx (\Theta_3/\Theta_{20}) = 0,4...0,5$$

was für Verhältnisse von  $(R/\lambda) \approx 30$  auch gute Strahlungseigenschaften der Antennen ergibt. Die ersten Strahlungsseitenloben liegen ungefähr 30 dB unter der Hauptstrahlungskeule, und der Wirkungsgrad der Ausleuchtung beträgt rund 40...60%. Mit grösser werdendem  $(R/\lambda)$  liegen die ersten Strahlungsseitenloben in kleinerem Abstand von der Hauptkeule, deshalb dürfen sie grössere Intensität aufweisen. Falls nur ein Amplitudenabstand von 20 dB gefordert wird, darf das  $(r_3/r_{20})$ -Verhältnis 0,85 gewählt werden, wodurch der Ausleuchtungswirkungsgrad auf etwa 95% und der Gewinn, unter Berücksichtigung der reduzierenden Faktoren, um 1,5 dB ansteigt. Diese Erhöhung des Antennengewinnes verdient deshalb besondere Beachtung, weil dies einer möglichen Reduktion des Antennendurchmessers um 15% entspricht und die technischen Schwierigkeiten beim Bau grosser Antennen mit deren Durchmesser sehr stark ansteigen.

Wie ferner leicht ersichtlich ist, wird bei höheren  $(r_3/r_{20})$ -Werten die für eine bestimmte Reduktion des Spillover notwendige

Vergrößerung des Reflektors geringer, was in erster Linie bei der Konstruktion von grossen rauscharmen Antennen von Bedeutung ist.

Als Schlussfolgerung wären also bei kleinen Antennen parabolische Reflektoren zweckmässig, während für Antennen mit grossen Durchmessern nichtparabolische Reflektoren vorzuziehen sind. Die Diskussion der Abbildungsgesetze liefert jedoch noch ein interessanteres Resultat.

### 3.2 Das verlangte Abbildungsgesetz

Ein von der Primärquelle ausgehender Strahl, der diese unter einer Distanz  $\Theta$  zur Hauptstrahlungsrichtung verlässt, soll nach den Reflexionen an Hilfs- und Hauptreflektor die Antennenöffnungsebene im Abstände  $r$  von deren Mittelpunkt durchstossen. Entsprechend den in Abschnitt 2 angegebenen Formeln der Strahlenoptik sind die beiden Reflektoren auf Grund der vorgegebenen Beziehung (11) – sowie den Anfangsbedingungen für die Differentialgleichung – konstruierbar.

$$\frac{\Theta}{\Theta_{20}} = F\left(\frac{r}{R}\right) \quad (12)$$

wobei  $\Theta_{20}$  = gegebene 20-dB-Breite des Strahlungsdiagrammes der Primärquelle und  $R$  = Radius der Antennenöffnungsebene.

Die Funktion  $F(r/R)$  gibt das Abbildungsgesetz an. Für jene Fälle, in denen die Primärquelle die charakteristischen Werte  $(\Theta_3/\Theta_{20}) = 0,40, 0,45$  oder  $0,50$  aufweist und in der Antennenöffnungsebene eine Feldverteilung  $(r_3/r_{20}) = 0,85$  verlangt wird, sind die entsprechenden Funktionsverläufe in *Figur 4* dargestellt.

Die für diese Berechnung getroffene Annahme, dass das Strahlungsdiagramm  $E(\Theta)$  der Primärquelle und die Feldverteilung  $E'(r)$  in der Öffnungsebene durch die Ausdrücke (13) und (14) darstellbar seien, ist für praktische Abschätzungen erlaubt und beeinflusst die Resultate unwesentlich.

$$E(\Theta, \Phi) = \{1 - (\Theta/\Theta_0)^2\}^p \quad (13)$$

$$E'(r, \Phi) = \{1 - (r/r_0)^2\}^q \quad (14)$$

wobei  $\Theta$  = Winkelabstand von Hauptstrahlungsrichtung der Primärquelle

$r$  = Abstand eines Punktes der kreisförmigen Öffnungsebene vom Mittelpunkt

$E$  sowie  $E'$  sind wegen der vorausgesetzten Rotationssymmetrie unabhängig von  $\Phi$ .

Der Abdeckungseffekt durch den Hilfsreflektor ist der Einfachheit halber vernachlässigt worden.

Aus Gründen der Anschaulichkeit sind  $E$  und  $E'$  nicht durch die Konstanten  $\Theta_0, p$  und  $r_0, q$ , sondern durch  $(\Theta_3/\Theta_{20})$  und  $(r_3/r_{20})$  charakterisiert worden. Auf Grund von Optimalisationsrechnungen entspricht dabei  $r_{20}$  bis auf 5...10% genau dem Radius  $R$  der Antennenöffnung.

### 3.3 Ein ausbaubares System allgemeiner Reflektoren

Wie nun aus *Figur 4* gut hervorgeht, sind diese Funktionen für die Argumentswerte  $(r/R) < 0,7$  in guter Näherung linear. Dies bedeutet aber nichts anderes, als dass in diesem Gebiet der Hauptreflektor durch ein Paraboloid und der Hilfsreflektor durch

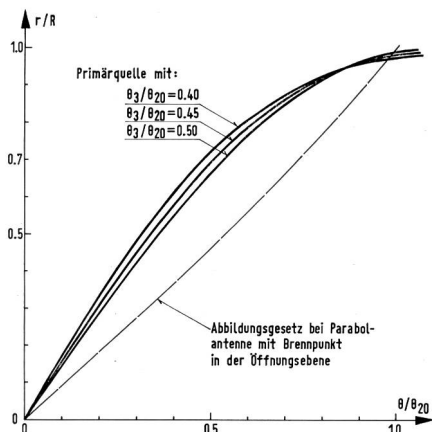


Fig. 4  
Abbildungsgesetz zwischen  $\theta$  und  $r$  für gewünschte Ausleuchtung in der Öffnungsebene mit  $(r_3/r_{20}) = 0,85$

ein Hyperboloid ersetzt werden darf. Wesentliche Abweichungen von diesen Formen ergeben sich erst bei den Argumentswerten  $(r/R) > 0,7$ .

Dieses Resultat ist für die Praxis von Bedeutung. Wie es sich weiter zeigt, ist es nämlich möglich, einen oder zumindest einige wenige Typen von Hauptreflektoren anzugeben. Diese Reflektoren bestehen aus einem beinahe parabolischen Grundelement, dem je nach den Anforderungen an den Antennengewinn, Ringe von zusätzlichen Segmenten hinzugefügt werden. Die Primärquelle muss dann wohl verschoben werden, bleibt aber die gleiche. Geändert wird lediglich der billigste Teil, nämlich der Hilfsreflektor. Hervorzuheben ist, dass es sich auch bei Vergrößerung der ursprünglichen Antenne stets um eine dem Optimum nahekommende Lösung handelt. Deshalb nimmt bei diesen Vergrößerungen der Antennengewinn eben mehr als proportional zur Antennenöffnungsfläche zu.

Wie für kleine Antennen im Blick auf die zulässigen Seitenstrahlungsrippen gefordert werden muss, beträgt bei Verwendung des parabolischen Grundelementes des Reflektors der die Ausleuchtung charakterisierende Wert  $(r_3/r_{20}) = 0,4...0,5$ . Die hinzuzufügten, nicht mehr parabolischen Teile sind von solcher Form, dass  $(r_3/r_{20})$  stets die wegen der Seitenstrahlungsrippen erlaubte obere Grenze erreicht, was einer zusätzlichen Erhöhung des Gewinnes gleichkommt. Im weiteren ist dann auch die Reduktion des Spillover mit geringerem Aufwande möglich.

Da bei tieferen Frequenzen erst bei grösseren Antennendurchmessern das Verhältnis  $(r_3/r_{20})$  erhöht werden darf (Intensität der Strahlungsrippen!), wären entsprechend der tiefsten zu verwendenden Frequenz verschiedene Typen von Hauptreflektoren einzuführen, die sich jedoch nur um einen Einheitsfaktor unterscheiden würden. Einer Belegung der Antennen durch mehrere Frequenzen steht grundsätzlich nichts im Wege, sofern der Reflektortyp entsprechend der tiefsten Frequenz gewählt worden ist.

Die Existenz eines solchen Systems von nichtparabolischen Reflektoren hat also den Vorteil, bei vorgegebenem Gewinn, unter Berücksichtigung der Forderungen an Seitenstrahlung sowie Spillover, aus Normteilen eine Reflektorantenne mit dem theoretisch kleinstmöglichen Durchmesser zu bauen, was vor allem bei Antennen mit hohem Gewinn zu nicht vernachlässigbaren Einsparungen führt.

#### Literatur

- [1] *Marié G. R. P.* Demande de brevet d'invention, No de dépôt 962364 (France): Nouveaux aériens pour micro-ondes.
- [2] *Williams W. F.* High Efficiency Antenna Reflector. Microwave Journal, July, 1965.
- [3] *Debrunner W. E.* Antennes à plusieurs réflecteurs, Rapport No 33.124, Division des recherches et des essais de la Direction générale des PTT, Berne.