

# Dimensions- und Montagetoleranzen bei rechteckigen Hohlleitern

Autor(en): **Epprecht, G.W.**

Objektyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **34 (1956)**

Heft 9

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874540>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Dimensions- und Montagetoleranzen bei rechteckigen Hohlleitern

Von G. W. Epprecht, Bern

621.372.8

**Zusammenfassung.** Nach einer kurzen Übersicht über die bestehenden Normen für Dimensionen und Toleranzen werden die Beziehungen zwischen den Toleranzen und den daraus entstehenden Reflexionen in den Leitern abgeleitet. Neben den Herstellungstoleranzen der Hohlrohre werden die zulässigen Ungenauigkeiten bei der Montage von zusammenstossenden Hohlleitern untersucht. Es ergibt sich schliesslich eine einfache Übersichtstabelle, womit aufeinander abgestimmte Dimensions- und Montagetoleranzen für eine bestimmte zulässige maximale Reflexion bestimmt werden können. Einige Messungen an Flanschverbindungen mit mangelhaftem Kontakt beschliessen die Arbeit.

**Résumé.** Après un bref aperçu sur les normes actuelles réglant les dimensions et les tolérances, l'auteur explique les relations existant entre les tolérances et les réflexions qui en résultent dans les guides d'ondes. Outre les tolérances admises pour la fabrication des tubes destinés aux guides d'ondes, il examine les imprécisions tolérées lors du montage de guides d'ondes contigus. Pour finir, il obtient un tableau général simple à l'aide duquel les tolérances de dimensions et de montage accordées peuvent être déterminées pour une certaine réflexion maximum admissible. Quelques mesures sur des jonctions à brides à contact défectueux terminent ce travail.

### Allgemeine Gesichtspunkte

Mit der Erschliessung immer höherer Frequenzbänder für Physik und Nachrichtentechnik gewinnt auch die Hohlleitertechnik an Bedeutung. Damit die Einzelteile und Messinstrumente dieser Technik ausgetauscht werden können, hat sich schon seit Jahren eine Normalisierung der Hohlleiterdimensionen als notwendig erwiesen. Verschiedene Länder haben denn auch seit längerer Zeit Normen aufgestellt; gegenwärtig sind Bestrebungen im Gange, zu einer internationalen Einigung über die zu verwendenden Dimensionen zu gelangen (Unterkommission 40-2 des CEI). Zur Diskussion stehen hauptsächlich der englisch-amerikanische und der französische Vorschlag. Diese beiden Normenreihen sind in den Figuren 1 und 2 einander gegenübergestellt. In der amerikanischen Reihe überlappen sich die einzelnen Frequenzgebiete so weit, dass für jede Frequenz zwischen zwei Hohlleitern gewählt werden kann, während in der französischen Reihe bei jeder Frequenz drei Hohlleitertypen existieren. Dabei liegen die Normalfrequenzbereiche in den Grenzen:  $1,25 f_c < f < 1,9 f_c$ , wobei  $f_c$  die unterste Grenzfrequenz des Hohlleiters bedeutet.

Sobald einmal die Nominalabmessungen für die Hohlleiterdimensionen festgelegt sind, stellt sich die Frage nach den Toleranzen. Bei den verschiedenen existierenden Normen differieren die zulässigen Abweichungen vom Nominalmass ganz beträchtlich, wie aus Figur 3 hervorgeht. Es lohnt sich, einmal grundsätzlich abzuklären, welche Anforderungen an die Genauigkeit solcher Hohlleiter zu stellen sind. Wenn man zwei Hohlleiter verbindet, so entsteht an der Stoßstelle beim Durchgang einer elektromagnetischen Welle eine Reflexion. Diese hat drei Ursachen: erstens sind die Hohlleiterdimensionen wegen der Herstellungstoleranzen nicht exakt gleich; dadurch entstehen Änderungen im Wellenwiderstand der Leitung. Zweitens können die Hohlleiterachsen gegeneinander verschoben sein, sie können einen geringen Winkel bilden miteinander und die Hohlleiter können gegeneinander verdreht sein. Solche Unstimmig-

keiten seien als Montagetoleranzen bezeichnet. Drittens kann der Kontakt zwischen den beiden Hohlleiterstücken schlecht sein oder bei sogenannten «Choke»-Flanschen können frequenzabhängige Reflexionen entstehen. Diese Gruppe von Reflexionen ist hauptsächlich durch die Konstruktion der Flanschen und die Sorgfalt, mit der diese montiert werden, bedingt und nicht direkt von den Dimensionstoleranzen der Leiter abhängig. Je nach Verwendung der Hohlleiter können verschieden grosse Reflexionen zugelassen werden. Man könnte etwa die in Figur 4 zusammengestellten Güteklassen unterscheiden. Damit die normalisierten Hohlleiter universell verwendet werden können, wird man danach trachten, die Toleranzen möglichst eng anzusetzen. Dies wird jedoch, besonders bei den kleinen Typen, auf fabrikatorische Schwierigkeiten stossen, so dass man aus wirtschaftlichen Gründen mehrere Genauigkeitsklassen benötigen wird. Für die Zwecke der Nachrichtentechnik wäre zum Beispiel ein maximaler Reflexionsfaktor von 40 bis 45 dB zu fordern, während für viele Zwecke eine Genauigkeitsklasse von etwa 30 dB genügen würde.

### Zusammenhang zwischen Toleranzen und Reflexionen

#### a) Dimensionstoleranzen

Es muss nun zunächst abgeklärt werden, wie sich die verschiedenen Toleranzen auf die Gesamtreflexion einer Stoßstelle auswirken. Wir betrachten zuerst die Dimensionstoleranzen. Man muss damit rechnen, dass beim Zusammenschalten von Hohlleitern verschiedener Herkunft die maximal zulässigen Abweichungen aufeinanderstossen. Der ungünstigste Fall ist in Figur 5 dargestellt; dabei sei angenommen, dass die Hohlleiter im übrigen ideal, das heisst ohne Verschiebung, Verdrehung oder Knick zusammengefügt seien.

Wir benützen zur Berechnung der Reflexion folgende normierte Wellenleiterimpedanz:

$$z = (b/a) (1-v^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Dabei verwenden wir folgende Bezeichnungen:

- $a, b$  = Hohlleiterdimensionen
- $a_{nom} + \Delta a > a > a_{nom} - \Delta a$
- $b_{nom} + \Delta b > b > b_{nom} - \Delta b$
- $\nu = \lambda_o / \lambda_c = \lambda_o / 2a$
- $\lambda_o$  = freie Wellenlänge
- $\lambda_c = 2a$  = Grenzwellenlänge des Hohlleiters
- $f_c$  = Grenzfrequenz (für die H10-Welle)
- $z$  = normierte Impedanz

Man wählt üblicherweise den nominellen Frequenzbereich der rechteckigen Hohlleiter etwa so, dass

$$1,25 f_c \leq f \leq 1,9 f_c \tag{2}$$

Entsprechend variiert der Ausdruck  $(1-\nu^2)$  dann in den Grenzen

$$0,360 \leq (1-\nu^2) \leq 0,723 \tag{3}$$

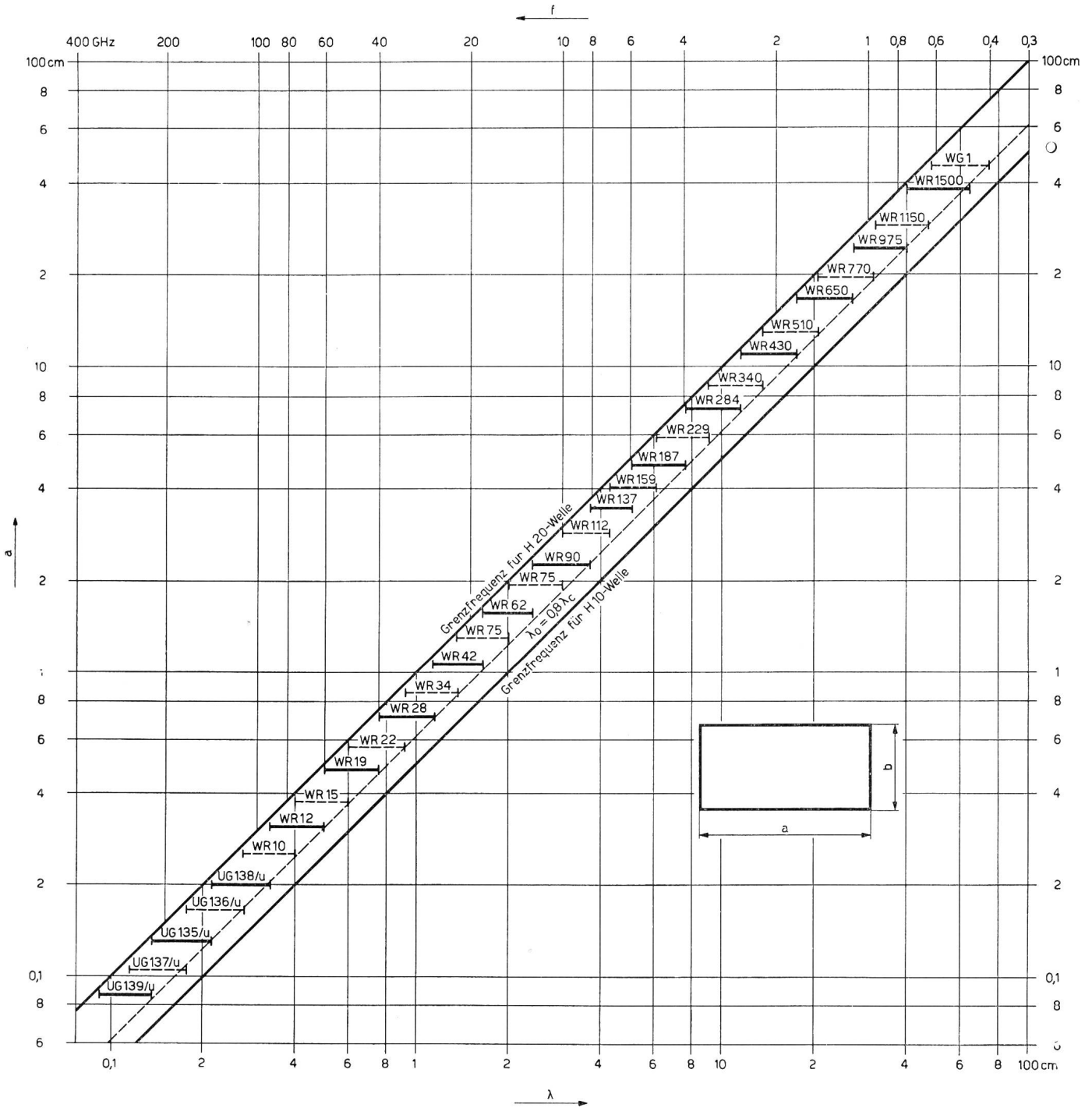


Fig. 1. Frequenzbereiche rechteckiger Hohlleiter nach folgenden Normen:

- RETMA-TR 108 A (USA)
- ASES (USA)
- RCL 351 (England)
- SEN R5501 (Schweden)
- deutscher Normenvorschlag

WG1 ist nur in RCL 351 vorhanden; WR 340 und WR 299 haben in TR 108A und RCL 351 leicht verschiedene Abmessungen; die mit UG... bezeichneten Typen sind nur in den ASES-Normen, die im übrigen mit TR 108A übereinstimmen, aufgeführt

durch Ableiten von (1) ergibt sich

$$\frac{dz}{z} = \frac{db}{b} - \frac{da}{a(1-v^2)} \quad (4)$$

Normalerweise wird man die Toleranzen  $\Delta a$  und  $\Delta b$  gleich gross wählen. Unter dieser Voraussetzung und indem wir für  $(1-v^2)$  den Mittelwert 0,5 einsetzen, vereinfacht sich (4) zu

$$\frac{dz}{z} = (a/b \mp 2) \frac{da}{a} \quad (4a)$$

(für  $da = \pm db$ )

Im ungünstigsten Fall, nach Figur 5, wird  $da = 2 \Delta a$ , und damit ergibt sich schliesslich für  $a/b = 2$  der maximale Impedanzfehler zu:

$$\frac{\Delta z}{z} = 8 \frac{\Delta a}{a} \quad (4b)$$

Benützen wir ausserdem die für kleine Reflexionen gültige Beziehung

$$r \approx \frac{\Delta z}{2z} \quad (5)$$

so wird  $r_D$ , die Reflexion infolge der Dimensionstoleranzen  $\Delta a$ , im ungünstigsten Falle:

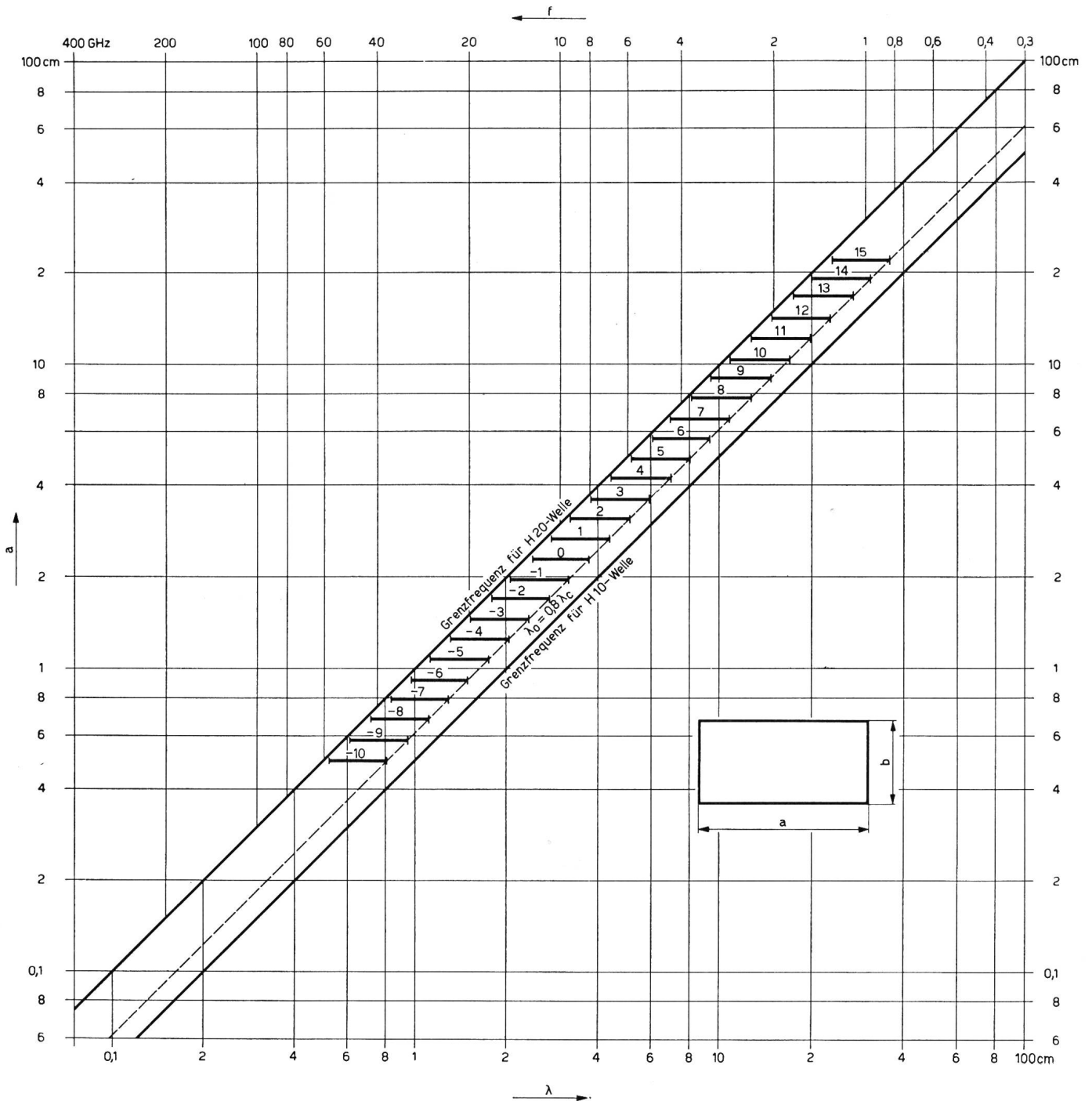


Fig. 2. Frequenzbereiche rechteckiger Hohlleiter nach den französischen Normen: OCTU 317

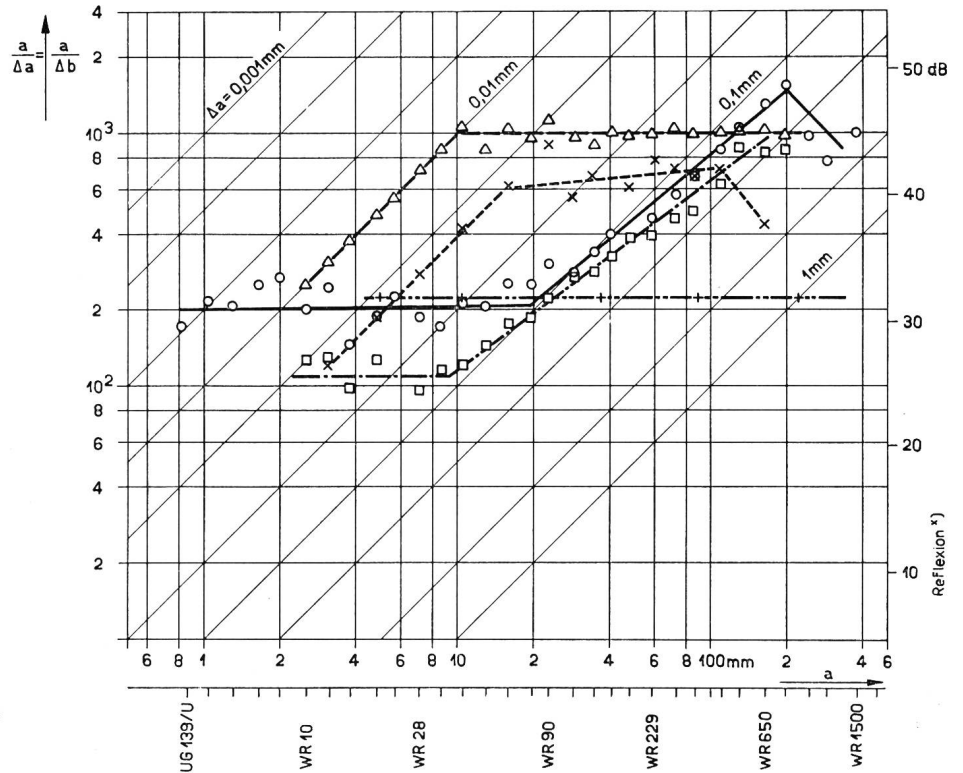


Fig. 3.  
Toleranzen für rechteckige Hohlleiter nach den verschiedenen Normen:  
 -○-○-○-○- RETMA-TR 108A und Mil-W-85C (USA)  
 -x-x-x-x-x- RCL 351 (England)  
 -+--+--+--+ OCTU 317 (Frankreich)  
 -□-□-□-□- SEN R5501 (Schweden)  
 -Δ-Δ-Δ-Δ-Δ- Deutscher Vorschlag  
 \*) Reflexion berechnet unter den gleichen Bedingungen wie Fig. 12

$$r_D \approx 4 \frac{\Delta a}{a} \quad (6)$$

(Am untern Frequenzende des Hohlleiterbereiches könnte die maximale Reflexion auf  $4,8 \Delta a/a$  ansteigen, was jedoch hier vernachlässigt sei). Die so berechnete Reflexion hat einen Phasenwinkel von 0 oder 180°, wenn die Stoßstelle als Bezugsebene gewählt wird. Streng genommen kommt infolge Änderung des Wellenwiderstandes zu dieser Reflexion noch ein Anteil, der auf die Feldverzerrung an der Übergangsstelle zurückzuführen ist. Dieser Anteil ist aber klein; er wirkt sich so aus, dass die totale Reflexion gegenüber  $r_D$  etwas gedreht wird, und zwar liegt diese Drehung, wie wir an Hand von Messungen an relativ grossen Diskontinuitäten feststellten, in der Grössenordnung von  $8\pi \Delta a/\lambda_g$ , was hier vernachlässigt werden kann.

b) Montagetoleranzen

Bisher haben wir angenommen, dass die zusammenstossenden Hohlleiter nicht gegeneinander verdreht sind und zusammenfallende Achsen haben. Da die Flanschen nur mit begrenzter Genauigkeit montiert und verbunden werden können, müssen wir auch

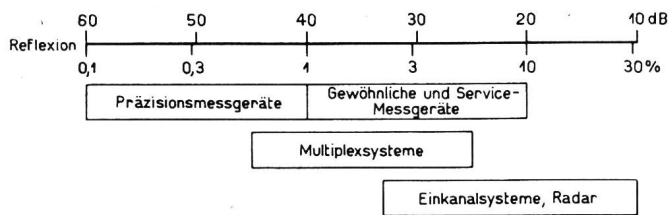


Fig. 4. Güteklassen für Hohlleiterkomponenten

diesen Einfluss berücksichtigen. Die Reflexion, die durch die Dimensionsunterschiede der Leiter entsteht, ist – abgesehen von dem vernachlässigten Anteil infolge Feldverzerrung – unabhängig von den nun behandelten Montagefehlern.

Zunächst können die Hohlleiter gegeneinander parallel verschoben sein, wie in Figur 6 angedeutet. Aus Messungen, die wir an grossen Verschiebungen durchführten, ergaben sich folgende Zusammenhänge zwischen Reflexion  $r$  und Verschiebung  $v$ :

$$r_{ve} \approx 0,3 v_e/a \quad (7)$$

$$r_{vh} \approx 0,9 v_h/a \quad (8)$$

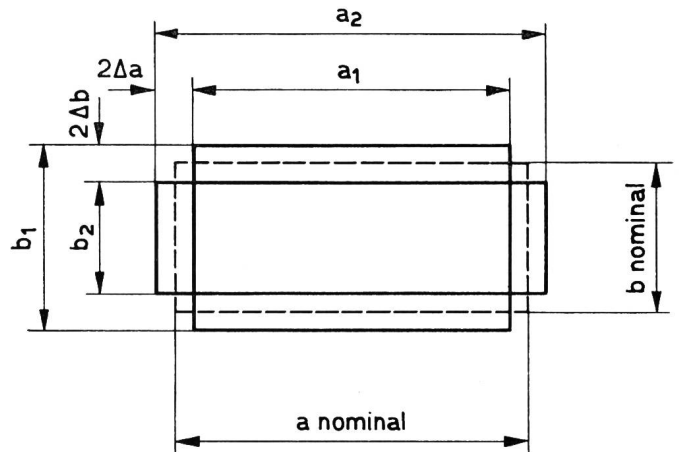


Fig. 5. Ungünstigster Fall einer Stoßstelle von rechteckigen Hohlleitern

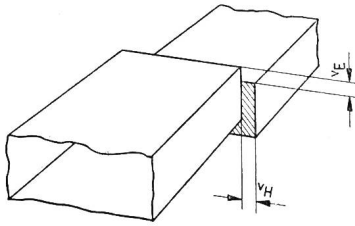


Fig. 6. Stoßstelle mit Parallelverschiebung

Dabei haben diese Reflexionen, bezogen auf die Stossebene, einen Phasenwinkel von  $\pm 90^\circ$ . Solche sogenannte Diskontinuitätsreflexionen haben ihre Ursache in den Feldverzerrungen.

Wenn die Flanschen nicht genau rechtwinklig zur Leiterachse montiert werden, so entsteht im Zuge der Leitung ein Knick (siehe Figur 7), der ebenfalls eine reaktive Reflexion zur Folge hat. Diese kann, wie übrigens auch  $r_{ve}$  und  $r_{vh}$ , nach den von Marcuvitz [1] angegebenen Methoden, die jedoch nicht praktisch belegt sind, berechnet werden. Es wurde deshalb vorgezogen, die Reflexionen mittels Messung zu bestimmen. Für Reflexionen an einer Knickstelle legen wir die Messungen von Elson [2] zugrunde und können etwa folgende Werte abschätzen:

$$r_{xe} \approx 10^{-3} \text{ pro Grad} \quad (9)$$

$$r_{xh} \approx 2 \cdot 10^{-3} \text{ pro Grad} \quad (10)$$

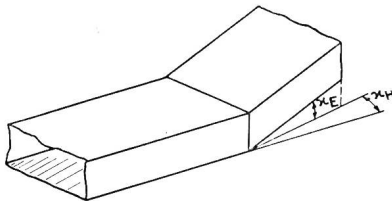


Fig. 7. Stoßstelle mit Knick

Schliesslich können die Hohlleiter noch gegeneinander verdreht montiert sein, wie in Figur 8 schematisch gezeigt ist. Für solche Diskontinuitäten ist eine maximale Reflexion  $r_t$  von

$$r_t \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ pro Grad} \quad (11)$$

zu erwarten.

Alle diese Montagefehler können gleichzeitig auftreten, und man darf hier annehmen, dass sie in guter Näherung unabhängig voneinander superponiert werden können. Nun sind aber die Grössen der Montage-

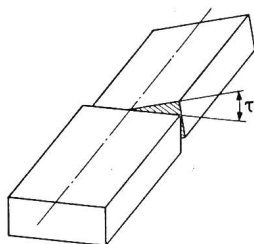


Fig. 8. Verdrehte Stoßstelle

ungenauigkeiten, je nach der Konstruktion der Hohlleiterverbindung, nicht unabhängig voneinander. Hier betrachten wir vor allem eine Verbindung durch Flanschen, die entweder durch Paßschrauben oder separate Paßstifte in ihrer gegenseitigen Lage fixiert sind. An Hand von Figur 9 kann man ungefähr abschätzen, wie die Verdrehung  $\tau$  und die Verschiebungen  $v_e$  und  $v_h$  in ihren Maximalwerten voneinander abhängen. Die maximale Parallelverschiebung beträgt nach Figur 10:

$$\begin{aligned} v_{\max} &= D - d \\ v_{\max} &= \frac{1}{2} (D - p) \end{aligned} \quad (12)$$

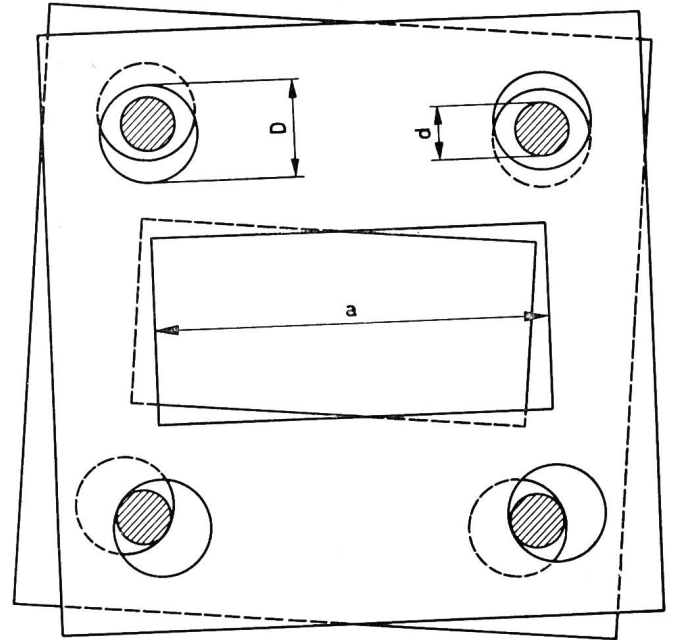


Fig. 9. Verdrehung und Verschiebung an einer Stoßstelle zweier Hohlleiter bei Verbindung durch Flanschen und Schrauben

für lose Paßstifte oder Paßschrauben, bzw. fixe Paßstifte. Es ist leicht einzusehen, dass die maximale Reflexion  $r_v$  auftritt, wenn  $v_h = v_{\max}$ . Da immer mindestens zwei Paßstifte im Abstand von etwa  $a$  vorhanden sind, ist die maximal mögliche Verdrehung  $\tau$

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &\approx 57 v_{\max}/a \text{ (in Grad)} \\ \text{und } r_t &\approx 0,17 v_{\max}/a \end{aligned} \quad (13)$$

Diese Verdrehung kann nicht gleichzeitig mit  $r_{h\max}$  auftreten, so dass wir vereinfachen können:

$$(r_v)_{\max} = (r_t + r_{vh} + r_{ve})_{\max} = (r_{vh})_{\max} = 0,9 v/a \quad (14)$$

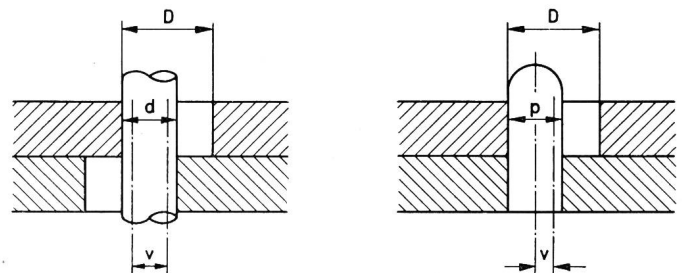


Fig. 10. Flanschverbindungen bei Verbindung durch lose oder fixe Schrauben oder Stifte



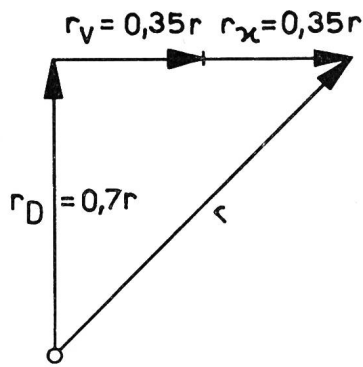


Fig. 11. Vektorielle Addition der verschiedenen Reflexionsanteile

Schreibt man einen maximal zulässigen Winkelfehler  $\alpha$  für die Montage der Flanschen vor, so kann man ebenfalls folgende Vereinfachung treffen:

$$(r_{\alpha})_{\max} = (r_{\alpha h})_{\max} \approx 2 \cdot 10^{-3} \cdot \tau^{\circ} \quad (15)$$

so dass die totale reaktive Komponente der Reflexion sich reduziert auf:

$$[Jm(r)]_{\max} = (r_{\alpha h})_{\max} + (r_{vh})_{\max} \quad (16)$$

c) Toleranzen und Güteklassen

In einer bestimmten Güteklasse müssen Montage- und Dimensionstoleranzen aufeinander abgestimmt sein. Es ist vernünftig, für die unter a) und unter b) berechneten Toleranzen die gleichen Maximalwerte zuzulassen. Da die ersteren reell und die letz-

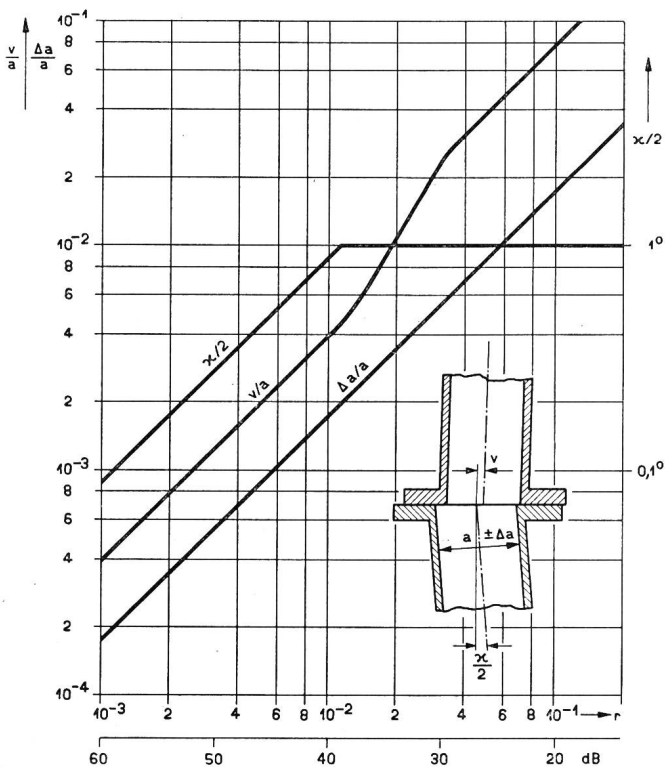


Fig. 12. Zulässige Toleranzen für rechteckige Hohlleiter in Funktion der Güteklasse.

- $\Delta a/a$  = Dimensionstoleranz
- $v/a$  = Verschiebungstoleranz
- $\alpha/2$  = Winkeltoleranz

teren imaginär sind, addieren sie sich quadratisch, und es wäre nicht viel zu gewinnen, wenn man etwa die eine Gruppe viel kleiner halten würde als die andere. Hingegen könnte es sich unter Umständen aus Gründen der Normalisierung als günstig erweisen, für die Montagetoleranzen nur eine einzige Klasse vorzusehen für beispielsweise zwei Klassen von Dimensionstoleranzen. Hier sei jedoch der einfache Fall diskutiert, in dem reelle und imaginäre Komponente der Reflexion gleich gross sind. Sie addieren sich dann etwa wie in Figur 11 gezeigt. Mit Hilfe der Beziehungen (6), (14) und (16) können nun für eine geforderte Güteklasse die notwendigen Toleranzen berechnet werden. Die Bedingungen sind in Figur 12 graphisch zusammengestellt. Dabei wurde angenommen, dass es – aus naheliegenden mechanischen Gründen – in keinem Falle wünschbar ist, dass  $\alpha/2$ , die Winkeltoleranz für die Flanschmontage, grösser wird als  $1^{\circ}$ .

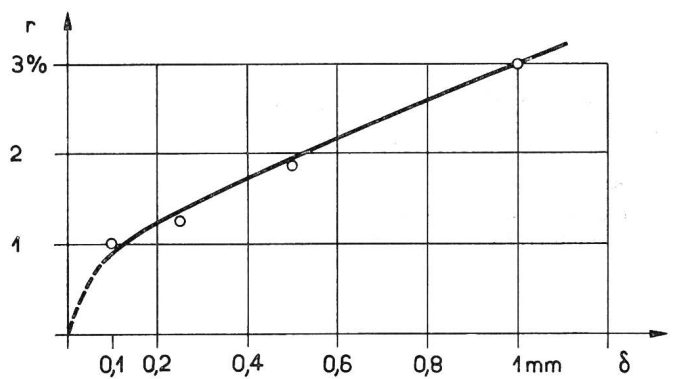


Fig. 13. Gemessene Reflexionen am Hohlleiter Typ WR 229 mit Bell-Flansch bei einem Abstand  $\delta$  der Flanschen

Durch Anwendung der Kurven in Figur 12 kann man nun in einem gegebenen Fall Toleranzfragen rasch abklären. Soll zum Beispiel abgeklärt werden, bis zu welchen Hohlleiterdimensionen bei einer Güteklasse von 45 dB auf Paßstifte verzichtet werden kann, wenn man Paßschrauben mit einem maximalen Spiel von  $v = (D-d) = 0,03$  mm verwendet, so ergibt sich:  $v/a = 2,25 \cdot 10^{-3}$ ,  $a \geq 13$  mm (und  $\alpha/2 \leq 0,5^{\circ}$ ,  $\Delta a = 0,013$  mm bei  $a = 13$ ).

d) Weitere Reflexionen an Stoßstellen

Es gibt, ausser den hier behandelten, noch weitere Quellen von Reflexionen. So können beispielsweise die Hohlleiterwände uneben sein, oft sind sie leicht aufgebaucht. Durch sorgfältige Montage der Flanschen kann jedoch erreicht werden, dass der Querschnitt wenigstens an den Stoßstellen mit genügender Genauigkeit rechteckig ist. Dann treten nur bei längeren Hohlleiterstücken allmähliche Querschnittsveränderungen auf, die im allgemeinen keine Bedeutung haben.

Mehr Aufmerksamkeit erfordert die Herstellung eines guten Kontaktes zwischen den zusammengeführten Hohlleitern [3]. Hier spielt vor allem die Konstruktion des Flansches eine Rolle; wichtig ist, dass der Kontakt möglichst nahe an der inneren Kante des

Rohres erfolgt. In diesem Zusammenhange seien einige Messungen an Planflanschen für den Wellenleiter WR 229 erwähnt, die wenigstens einige Hinweise auf die zu erwartende Grössenordnung der Reflexionen von schlechten Flanschverbindungen geben. Da die Reflexionen gering und einzeln der Messung schwer zugänglich sind, wurden jeweils 10 Flanschverbindungen im Abstand von  $n \cdot \lambda/2$  ausgemessen. Es handelte sich um rechteckige Flanschen vom Bell-Typ mit acht Schrauben [3]. Wurden zum Beispiel nur zwei statt der acht Schrauben angezogen, so ergaben sich mittlere Reflexionen von etwa 0,3%. Wurde der Kontakt der Hohlleiter asymmetrisch durch Zwischenlagen von etwa 0,1 mm unterbrochen,

so entstanden Reflexionen in der Grössenordnung von 0,5 bis 1,5%. Vollständige Isolation der beiden Hohlleiter durch gleichmässige Zwischenlagen von der Dicke  $\delta$  ergaben das in Figur 13 dargestellte Resultat. Diese wenigen Messungen zeigen deutlich, dass der Konstruktion und der Montage der Flanschen die nötige Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

#### Bibliographie

- [1] Marcuvitz, N. Waveguide Handbook. New York 1951.
- [2] Elson, N. Rectangular Waveguide Systems. Wireless World **24** (1947), 44.
- [3] Pomeroy, A. F. Improved Contact Flanges for Waveguides. Bell Lab. Rec. **31** (1953), 104.

## Installation automatique de détection et de correction d'erreurs pour communications télex\*

Par F. Ott, Berne

621.394.828

**Résumé.** Cet article traite des systèmes, dits TOR. La première partie explique le principe de la correction des erreurs de signes transmis dans le trafic sans fil par téléscripteur: conversion du code à 5 unités en un code à 7, répétition automatique d'un signal altéré à l'aide d'un dispositif à mémoire. La seconde partie décrit le système TOR-2 CH construit par la S.A. Hasler, une installation multiplex à deux voies, et se termine par un aperçu de quelques appareils permettant d'étendre le champ d'application des installations.

**Zusammenfassung.** Der vorliegende Artikel behandelt Systeme, genannt TOR. Der erste Teil erläutert das Prinzip der automatischen Fehlerdetektion und -korrektur von Signalen im Fernschreibetrieb auf drahtlosen Verbindungen: Umwandlung des 5er-Codes in einen 7er-Code, automatische Wiederholung der fehlerhaften Zeichen mit Hilfe eines Speichers. Der zweite Teil beschreibt das TOR-2 CH, gebaut von der Firma Hasler AG. in Bern, bestehend aus einer Zweikanal-Multiplexanlage, und schliesst mit einer Übersicht von einigen Zusatzapparaturen, die das Anwendungsgebiet erweitern können.

L'emploi de téléscripteurs sur des liaisons radio-électriques doit tenir compte du fait que l'influence de perturbations atmosphériques provoque de graves erreurs dans les communications transmises. Il suffit qu'un élément du code normal à cinq unités soit modifié pour qu'une fausse lettre se produise dans le texte écrit. Dans le langage clair, on peut généralement reconnaître les erreurs et les éliminer par rétro-demands. Le cas est plus difficile lorsqu'il s'agit de chiffres ou de communications codées.

pas suffisante. L'abonné serait obligé de faire lui-même les rétro-demands et perdrait, de ce fait, du temps et de l'argent. Depuis l'année 1947, un appareil mis au point par M. van Duuren, ingénieur à l'administration hollandaise des PTT, permet de déceler et de corriger les erreurs apparaissant sur la voie de transmission. Le dispositif est connu dans les milieux spécialisés sous le nom de TOR (Teletype over Radio) et construit en Suisse sous licence par les établissements Hasler S. A.

Pour que la sécurité de transmission soit augmentée, divers systèmes ont déjà été mis au point, par exemple le procédé de «diversité de fréquences» et le procédé de «diversité dans l'espace». Le premier de ces systèmes transmet la même communication simultanément sur deux fréquences différentes, de sorte que, en cas de dérangement ou d'interruption d'une fréquence, l'autre est encore reçue avec une grande sécurité. Le second procédé reçoit la même communication sur une fréquence, mais sur deux systèmes de réception séparés dans l'espace. La combinaison des deux systèmes permet d'augmenter sensiblement la sécurité. Pour le trafic télex, qui s'écoule de façon analogue à une conversation téléphonique (sélection automatique de l'abonné, trafic télex en duplex sans opérateur), la sécurité des installations actuelles n'est

#### Principe du procédé de correction des erreurs

Le service télex utilise actuellement l'alphabet télégraphique international (CCIT n° 2). Chaque signal est une combinaison de cinq unités (courant de repos ou de travail, espace ou signe), ce qui donne au total 32 signaux différents.

Mais leur simple utilisation ne suffit pas, de sorte qu'il est nécessaire de faire une commutation entre les lettres et les chiffres. Une erreur de transmission du signal de commutation revêt ici une importance particulière, parce que, de ce fait, tous les signaux subséquents sont écrits faux bien que l'émission et la transmission soient correctes. C'est pourquoi un alphabet à plus de cinq unités a déjà été proposé antérieurement pour les communications radioélectriques. La Radio Corporation of America (RCA) a introduit un code à sept unités qui permet de reconnaître les signaux faux. La caractéristique de ce code réside dans le fait que chaque signal est composé de

\* Article paru dans les «Hasler-Mitteilungen» 1956, n° 1, pages 3 à 8. Autorisation d'en reproduire ici la traduction française obligamment accordée par les Etablissements Hasler S. A. à Berne.