



# Valvo Brief

25. November 1980

## Isoduktoren

- Entkopplung von Sender und Ausgang
- Vermeidung von Intermodulation durch andere Sender
- Preiswerter, individueller Aufbau mit unterschiedlichem Wellenwiderstand möglich
- Kompakte vielseitige nichtreziproke Verzweigung

Nichtreziproke Bauelemente wie Zirkulatoren und Einwegleitungen haben in der Nachrichtentechnik große Bedeutung. Heute steht ein breites Typenspektrum dieser Bauelemente mit genormten Anschlüssen und gebräuchlichen Wellenwiderständen zur Verfügung. Bei koaxialen Zirkulatoren ist der gebräuchlichste Wellenwiderstand  $50 \Omega$ .

Für zahlreiche Anwendungen werden jedoch Zirkulatoren mit unterschiedlichen Wellenwiderständen an den Anschlüssen oder mit nicht gebräuchlichen Werten benötigt; auch können zusätzliche Eigenschaften, z. B. Sperrung von Harmonischen oder Nebenwellen durch Anpaß-Filterschaltungen, nützlich sein.

Valvo bietet seinen Kunden Zirkulatorelemente, sogenannte Isoduktoren an, d. h. nichtreziproke Verzweigungen ohne Anpaßelemente in LC-(lumped circuit-) Bauweise<sup>1)</sup> (Anschlüsse und Gehäuse), die direkt in spezielle Schaltungen eingesetzt werden können. Der Isoduktor enthält alle Bestandteile des nichtreziproken Anteils eines Zirkulators einschließlich des gesamten magnetischen Kreises.

<sup>1)</sup> auch Konishi-Zirkulator genannt

Es handelt sich um nichtreziproke Verzweigungen mit verflochtener Innenleiterstruktur. Ihre Baugröße (Durchmesser, Ferrithöhe) ist weitgehend frequenzunabhängig und kleiner als  $\lambda_{eff}/4$ . In Bild 1 sind der Aufbau und die Anordnung eines konzentrierten Zirkulators dargestellt. Ein spezieller Innenleiter befindet sich in der Mittelebene mit zwei Ferritscheiben zu beiden Seiten; es folgen zwei Außenleiter-Polplatten, ein Magnet und ein magnetischer Rückschluß.

Die Innenstruktur besteht aus drei elektromagnetisch gekoppelten Leitungen, die im Winkel von  $120^\circ$  gegeneinander angeordnet sind. Sie sind voneinander isoliert, und jede Leitung ist am entgegengesetzten Rand der Ferritscheibe mit dem Außenleiter kurzgeschlossen. Um größtmögliche Symmetrie in elektrischer Hinsicht zwischen den drei Teilsystemen zu erreichen, können die Leitungen miteinander verwoben angeordnet sein; so kann jeder Leiterzweig in zwei oder sogar vier Strompfade aufgeteilt werden.

Die gesamte Einheit kann als nichtreziproker Transformator angesehen werden. Bei der Anordnung der Rückschlüsse an der jeweils dem Anschluß gegenüberliegenden Seite der Ferritscheiben bleibt an der

Anschlußseite außerhalb des Ferritbereichs ausreichend Platz, um Anpaßelemente unmittelbar am Ferritrand unterzubringen, so daß störende Streuinduktivitäten gering gehalten werden können. Die Anpaß- oder Anpaßfilterschaltungen können aus praktischen Gründen fast ausschließlich mit konzentrierten Bauelementen aufgebaut werden. Diese sehr kompakten

Baugruppen können sehr vielfältig in der Nachrichtentechnik eingesetzt werden.

Beispiel ist das in Deutschland geplante Netz des beweglichen Landfunks. Die hohe Anforderung der Deutschen Bundespost hinsichtlich einer Unterdrückung der Fremdmodulation läßt sich mit Hilfe von Isoduktoren, die an den Ausgang geschaltet sind, ohne größeren Aufwand erfüllen. Die Forderungen der Bundespost für den Intermodulationsabstand z. B. von UHF-Autotelefongeräten für das neu zu errichtende Netz im Bereich C (451...456 MHz) liegen bei -72 dBc.

Diese Anforderungen lassen sich am besten durch Isoduktoren erfüllen, die - als Einwegleitung geschaltet - zwischen Sender und Antenne dafür sorgen, daß alle über die Antenne hereinkommenden Störsignale nicht zum Endtransistor gelangen. Für die im Sprechfunkverkehr übliche relativ geringe Kanalbreite liegen dabei die typischen Werte für Sperrdämpfung und Durchlaßdämpfung meist günstiger als die Datenwerte, die sich auf größere Bandbreiten beziehen. Sollte die damit erreichbare Sperrdämpfung nicht ausreichend sein, ist auch eine Hintereinanderschaltung von Isoduktoren denkbar und unproblematisch. Allerdings muß man in diesem Fall auch die Verdoppelung der Durchlaßdämpfungswerte ( $d \leq 1$  dB) beachten.

Mit den drei Isoduktortypen von Valvo Y 25/100-LF/I (Bild 2), Y 25/200-LF/I und Y 25/350-LF/I läßt sich der gesamte Frequenzbereich von ca. 68 MHz bis 470 MHz (UKW-UHF) abdecken. Die Isoduktortypen unterscheiden sich durch die unterschiedlich hohen magnetischen Feldstärken, die durch ihre Permanentmagnete hervorgerufen werden.

Valvo Brief  
25. November 1980  
Seite 2

### Zur Handhabung von Isoduktoren

Für ein zuverlässiges Arbeiten des Isoduktors über die gesamte vorgesehene Bandbreite ist ein guter Massekontakt unbedingt erforderlich. Nur so lassen sich gutes Betriebsverhalten hinsichtlich Bandbreite und Durchlaßdämpfung sicherstellen. Aus diesem Grunde sind die Isoduktoren mit zusätzlichen Metallkrallen ausgerüstet, die von zwei Schraubflaschen fest an die leitende Grundfläche gedrückt werden, so daß ein induktivitätsarmer Übergang zum Außenleiter der Schaltung sichergestellt ist.

Bei den mittleren Leistungen von 20 W bis 25 W ist ein guter Wärmekontakt erwünscht. Dieser läßt sich über die Schraubflaschen in ausreichendem Maß herstellen. In Sonderfällen kann zusätzlich Wärmeleitpaste zwischen dem Isoduktortyp und der Grundplatte eingebracht werden.

Für den beschalteten Isoduktortyp muß ein bestimmter Mindestraumbedarf von erfahrungsgemäß  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$  eingeplant werden. Zur Entwicklung der Anpaßnetzwerke wird meistens ein Aufbau als Luftschaltung bzw. Platine vorgenommen, der bei der Endfertigung mit dem Gesamtgerät gekapselt wird. In jedem Fall müssen die Streukapazitäten und -induktivitäten beachtet werden. Als allgemeiner Hinweis gilt, daß die Anpaßbauelemente nicht zu nahe an den Gehäuse- und Abschirmungswänden angebracht werden dürfen.

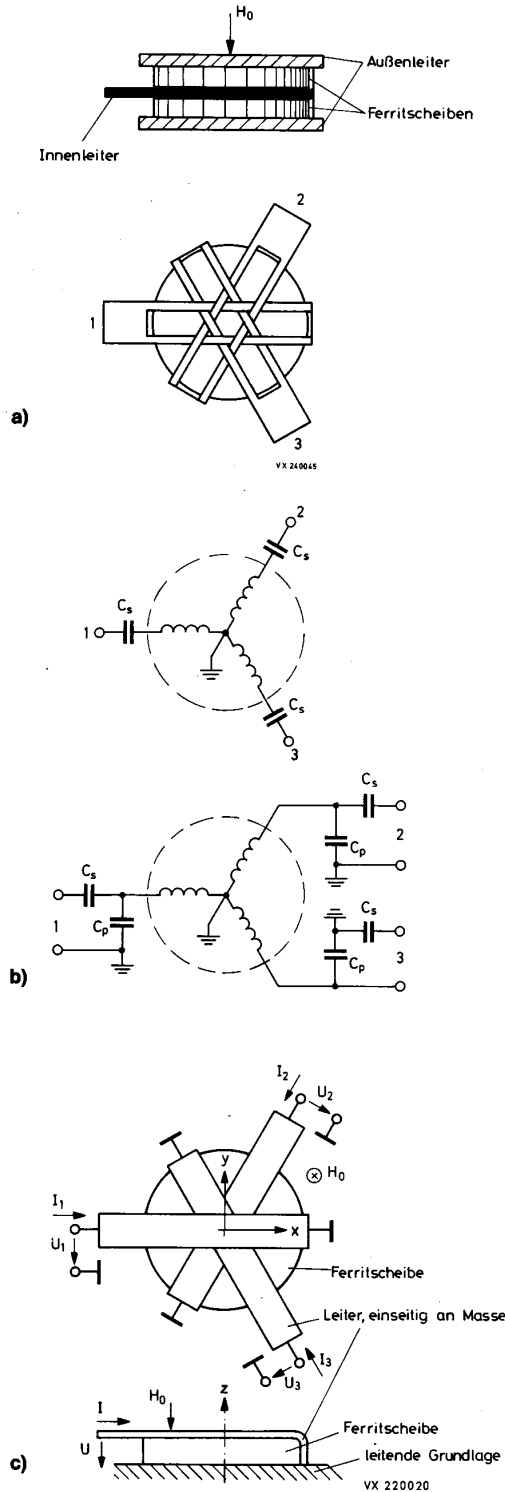


Bild 1. a) Bauteile eines konzentrierten Zirkulators  
b) konzentrierte Zirkulatoren als nichtreziproke Transformatoren mit Einkreis-Anpaßnetzwerken  
c) Bezeichnungen, Anordnungen, Ströme und Spannungen

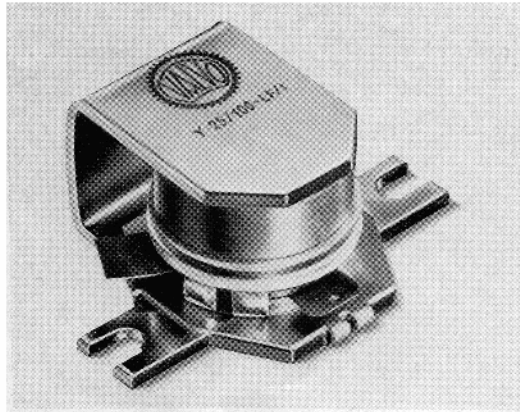


Bild 2a. Isoduktor Y 25/100-LF/I

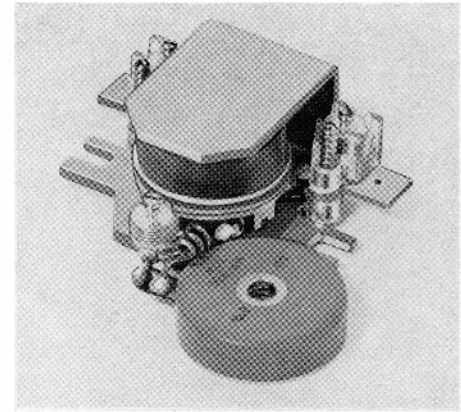


Bild 2b. Beispiel eines als Einwegleitung beschalteten Isoduktors

Als allgemeine Regel für die Anbringung von Zuführungsleitungen gilt: Um die Zuführungsinduktivitäten möglichst klein zu halten und Eigenresonanzen auszuschließen, sollen die Zuführungsleitungen zwischen den Bauelementen der Anpaßnetzwerke und dem Isoduktor möglichst kurz gehalten sein.

Stellt sich heraus, daß die Bandbreite im Gegensatz zu den rechnerischen Erwartungen und den technischen Daten zu klein ist, kann man stets mit einer zu hohen ungewollten Induktivität des Aufbaus rechnen.

Zur Beschaltung des Isoduktors hat sich eine Aufteilung der Anschlußfahne als günstig herausgestellt; Bild 3 zeigt das Prinzip. Dabei liegt die Serieninduktivität für die angeschaltete Kapazität nicht zugleich an der Belastung (bzw. am Eingang).

Dieses einfache Verfahren ergibt maximale Bandbreite für die gegebene Anpaßschaltung. Eine zusätzliche

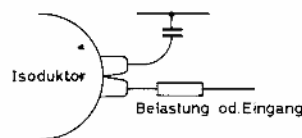


Bild 3. Aufteilung der Isoduktoranschlüsse

Möglichkeit, einen Feinabgleich vorzunehmen, bietet die Art der Anlötlung.

Bei Bedarf – insbesondere, wenn der Isoduktor an den Geräteeingang geschaltet ist, – können Hochfrequenzstecker angebracht werden (z. B. N-, TNC-, SMA-Anschlüsse).

#### Anpaßschaltungen für Isoduktoren

Die Impedanz des Isoduktors (nichtreziproke Verzweigung) muß an die äußere Schaltung angepaßt werden. Unter der Voraussetzung des Oberresonanzbetriebs und nicht zu hoher Frequenz gilt näherungsweise für die Eingangsadmittanz der Verzweigung <sup>2)</sup>

<sup>2)</sup> nach TI 790420, S. 19

$$Y_E \approx \frac{2}{3} \frac{1}{\gamma M L_0} \left( \sqrt{3} - j \frac{\gamma H_i}{\omega} \right) = G_E + j B_E$$

( $\gamma = 2,21 \cdot 10^5 \frac{m}{As}$  gyromagnetisches Verhältnis,

$M$  Magnetisierung,

$H_i$  inneres Magnetfeld,

$L_0$  Grundinduktivität der nichtreziproken Verzweigung,

$\omega = 2 \pi f$  Kreisfrequenz.)

Von dieser Gleichung läßt sich ablesen, daß die Eingangsadmittanz durch einen weitgehend (Näherung) frequenzunabhängigen Realteil und einen der Frequenz umgekehrt proportionalen ( $\omega^{-1}$ ) induktiven Anteil beschrieben werden kann. Geht man davon aus, daß der Realteil

$$G_E = \frac{2}{\sqrt{3} \gamma M L_0}$$

bereits der Admittanz des Anschlußsteckers (1/50  $\Omega$ ) entspricht, so genügt für die Schmalbandanpassung, wenn eine Kapazität parallel zu jedem Eingang gelegt wird. Den erforderlichen C-Wert erhält man mit dem Imaginärteil der Eingangsadmittanz. Bei der Betriebsfrequenz  $\omega_0$  muß gelten

$$j \omega_0 C - \frac{j}{3} \frac{2}{\gamma M L_0} \frac{\gamma H_i}{\omega_0} = 0,$$

so daß die Kapazität

$$C = \frac{2}{3 \gamma M \omega_0 L_0} \cdot \frac{\gamma H_i}{\omega_0}$$

ist.

Die Kreisgüte ist

$$Q \approx \frac{\gamma H_i}{\sqrt{3} \omega_0},$$

und für die relative Bandbreite  $2 \Delta \Omega$  gilt in Abhängigkeit von einem vorgegebenen Welligkeitsfaktor  $s$

$$2 \Delta \Omega_1 = \frac{s - 1}{Q \sqrt{s}}$$

Die Isoduktoren von Valvo haben niedrigere Werte des Wirkleitwertes  $G_E$  als 1/50  $\Omega$ . Es hat sich gezeigt,

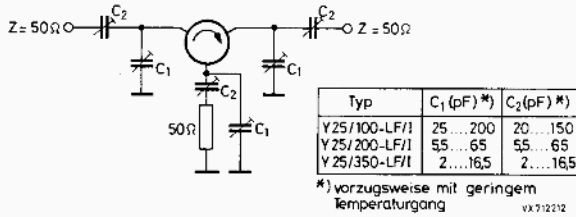
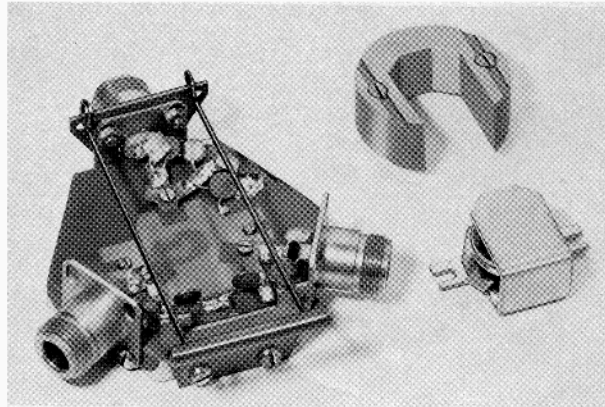
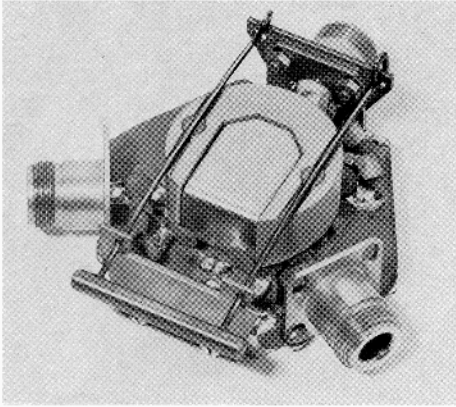


Bild 4. Meßschaltung, Meßsockel mit Schaltung und Isoduktor, vollständig und demontiert

daß  $G_E$  sich nicht für die gesamte Bandbreite auf  $1/50 \Omega$  halten läßt. In diesem Fall gilt für die Serienbeschaltung (vgl. Bild 1)

$$\frac{1}{\omega C_s} = Z_0 \sqrt{\frac{1}{Z_0 G_E} - 1}$$

und die Parallelbeschaltung (mit  $j B_E = \frac{1}{j \omega L_E}$ )

$$\omega C_p = \frac{1}{\omega L_E} - G_E \sqrt{\frac{1}{Z_0 G_E} - 1}$$

Für den normalen Einsatz werden zur Anpassung der Isoduktoren Einkreis-schaltungen verwendet. Bild 4 zeigt die den technischen Daten zugrunde liegende Schaltung (als Einwegleitung ausgeführt) mit den zugehörigen Kapazitätswerten, ferner die praktische Ausführung sowie die Meßfassung, die in den Valvo RHW verwendet wird. Bild 5 zeigt die mit dieser Schaltung

erreichbaren Bandbreitewerte, die den jeweils einstellbaren Frequenzen zugeordnet sind.

Für Anwendungen mit höherer Bandbreite können Zweikreis-Anpaßschaltungen für die Isoduktoren verwendet werden.

Dreikreis-schaltungen haben wegen ihrer großen Einstellschwierigkeiten nur geringe praktische Bedeutung.

Für eine Zweikreisbeschaltung liefert eine Untersuchung mit einer optimierten Ortskurvenschleife folgende Ergebnisse für die anzuschließenden Bauelemente (Indizes p, s : Parallel-, Serienbeschaltung,  $Z_0$  Wellenwiderstand der Eingangsschaltung)

$$L_p = \frac{s Z_0}{\omega_0 Q} ; C_p = \frac{Q}{\omega_0 s Z_0} ;$$

$$L_s = \frac{Z_0 Q}{\omega_0 s} ; C_s = \frac{s}{\omega_0 Q Z_0}$$

Valvo Brief  
25. November 1980  
Seite 4

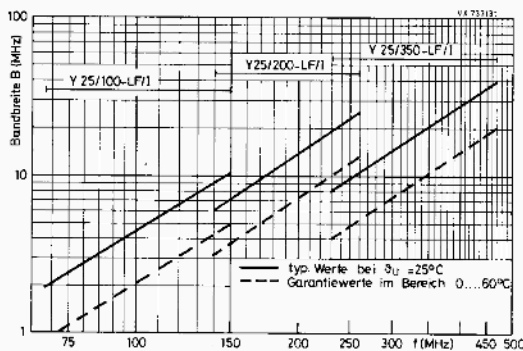
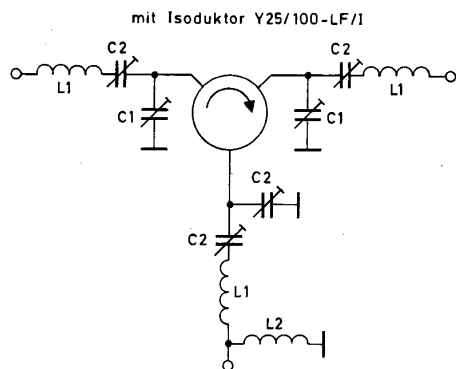


Bild 5. Erreichbare Bandbreite,  $D = 20 \text{ dB}$ ,  $s = 1,22$



$L_1$  : 3 Wdgn., CuL; 0,5 mm  $\varnothing$ ; Kern: 6 mm  $\varnothing$   
 $L_2$  : 6 Wdgn., CuL; 0,5 mm  $\varnothing$ ; Kern: 6 mm  $\varnothing$   
 $C_1$  und  $C_2$  : Trimmer 4,5 ... 70 pF  
 Einstellung:  $C_1 \approx 15 \dots 20$  pF;  $C_2 \approx 10 \dots 15$  pF

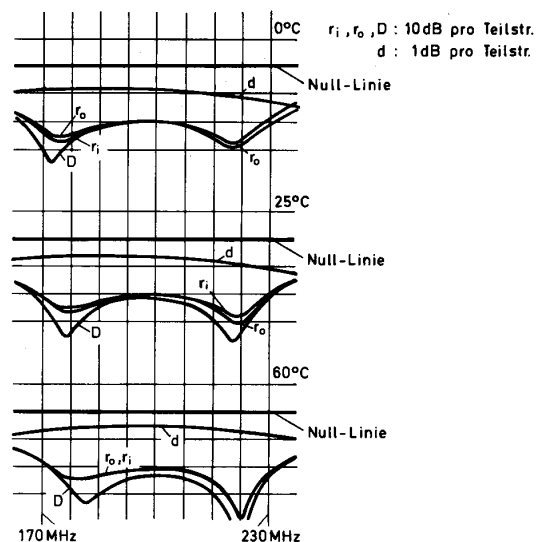


Bild 6. Beispiel einer Zweikreisbeschaltung und Dämpfungen sowie  $r_i$  Eingangsexpressionsfaktor,  $r_o$  Ausgangsexpressionsfaktor in logarithmischer Darstellung

Für diese optimierte Ortskurve ist vorausgesetzt, daß der Wirkleitwert am Isoduktoranschluß

$$G_E = \frac{1}{Z_0 s}$$

ist.

Bild 6 zeigt ein Beispiel für den VHF-FS-Bereich. Im Frequenzbereich 172 MHz bis 230 MHz konnten folgende Werte erreicht werden:

$$D \cong 20 \text{ dB},$$

$$d \cong 1,2 \text{ dB},$$

$$s \cong 1,22,$$

$$\vartheta_U \quad 0 \text{ bis } 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

Bei Raumtemperatur und 60 °C betrug die Durchlaßdämpfung  $d \leq 1$  dB.

Zur Wahl der Anpaßbauelemente soll hier besonders auf Trimmer mit NPO-Dielektrikum hingewiesen wer-

den, bei denen bei Änderung des Temperaturverhaltens die Eigenschaften der Schaltung nicht beeinflusst werden, so daß sich ein günstiges Temperaturverhalten ergibt.

Eigenresonanzen der Trimmer dürfen nicht auftreten. Bild 7 zeigt Rechenergebnisse zur erzielbaren Bandbreite bei Einzelkreis- ( $\Omega_1$ ) und Zweikreis-Anpassung ( $\Omega_2$ ) in Abhängigkeit vom Welligkeitsfaktor  $s$  oder Reflexionsfaktor  $r$ . Dabei ist vorausgesetzt, daß der Realteil der inneren Impedanz annähernd 50  $\Omega$  beträgt.

#### Weitere Informationen:

**Valvo**  
**Unternehmensbereich Bauelemente der Philips GmbH**  
**Burchardstraße 19, Postfach 10 63 23, 2000 Hamburg 1**  
**Telefon (040) 32 96-650, Telex 2 161 891 vav d**

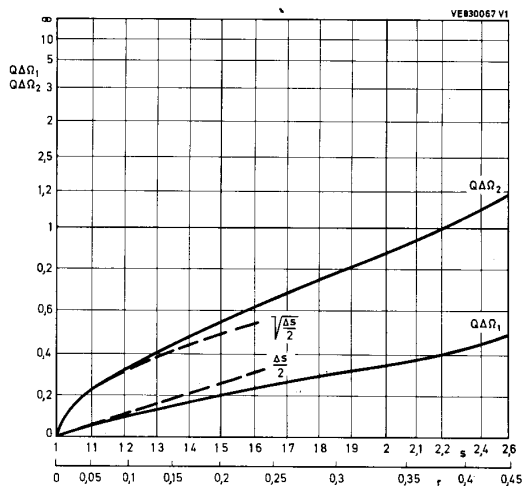


Bild 7. Bandbreitewerte  $2\Delta\Omega_1$  (Einkreis-Anpassung);  $2\Delta\Omega_2$  (Zweikreis-Anpassung) als Funktionen des Welligkeitsfaktors und der inneren Kreisgüte  $Q$  als Parameter. Aus Darstellungsgründen wurde für die Ordinate  $Q \cdot \Delta\Omega_{1,2}$  gewählt.

Diese Schrift gibt keine Auskunft über Liefermöglichkeiten. Die angegebenen Daten dienen allein der Produktbeschreibung und sind nicht als zugesicherte Eigenschaften im Rechtssinne aufzufassen. Etwaige Schadensersatzansprüche gegen uns – gleich aus welchem Rechtsgrund – sind ausgeschlossen, soweit uns nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit trifft.

Es wird keine Gewähr übernommen, daß die angegebenen Schaltungen oder Verfahren frei von Schutzrechten Dritter sind.

Ein Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur zulässig mit Zustimmung des Herausgebers und mit genauer Quellenangabe.

Valvo, Burchardstraße 19, 2000 Hamburg 1