

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 64 (1973)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Quadrofonie  
**Autor:** Henne, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915622>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

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

# Quadrofonie

Von W. Henne

621.391.83 : 681.84.037.7

Nach einleitenden Betrachtungen über die mit der Quadrofonie auftretenden Begriffe der Pseudo-, Quasi- und echten Quadrofonie und deren genaue Abgrenzung untereinander werden die Blockschaltbilder und Übertragungsgleichungen der echten Quadrofonie und der hinsichtlich der Wiedergabequalität fast gleichwertigen Quasiquadrofonie abgeleitet. Die sich aus diesen Gleichungen ergebenden Schalleindrücke im Wiedergaberaum werden anhand von Beispielen als Richtdiagramm berechnet und dargestellt. Die entwickelten Übertragungsgleichungen gelten gleichzeitig für die Codierung von 4 getrennten Informationen und deren Unterbringung in die Rille einer stereokompatiblen Schallplatte, so dass auch der Plattenschnitt von quadrofönisch bespielten Schallplatten anhand mehrerer Beispiele angegeben werden kann.

Après des considérations sur les notions de pseudo-quadruphonie, quasi-quadruphonie et quadruphonie proprement dite, ainsi que sur leurs délimitations précises, on indique les schémas fonctionnels et les équations de transmission pour la quadruphonie, de même que pour la quasi-quadruphonie dont la qualité de reproduction est presque aussi bonne. Les impressions sonores qui résultent de ces équations dans le local de reproduction sont calculées et représentées à l'aide d'exemples sous forme de diagramme directif. Ces équations de transmission s'appliquent également au codage de quatre informations séparées et à leur inscription dans le sillon d'un disque stéréo-compatible, la gravure de disques enregistrés en quadruphonie étant également indiquée par plusieurs exemples.

## 1. Einleitung

Die Quadrofonie erschliesst dem Musikliebhaber eine neue Möglichkeit, die Qualität von Musikwiedergaben in seinem Raum weitgehend zu verbessern. Der Fortschritt lässt sich etwa mit der Einführung der Stereophonie im Jahre 1958 durch die Schallplatte bzw. im Jahre 1963 durch den Rundfunk vergleichen. Während sich die europäischen Firmen bis heute auf diesem Gebiet in der Öffentlichkeit sehr zurückhaltend zeigen, ist der Quadrofonie in Japan und in den USA bereits der Durchbruch gelungen. In Japan strahlen die UKW-Sender bereits täglich eine Viertelstunde die «Four Channel Hour» aus, zusätzlich wöchentlich noch einmal die Einstundensendung «Four Channel Golden Stage». In den USA werden für die quadroföne Ausstrahlung von Musikprogrammen sowohl an der West- als auch an der Ostküste bereits jeweils UKW-Senderpaare gemietet.

Inzwischen bietet auch der Markt quadrofön bespielte Schallplatten an, wobei sich die Industrie leider nicht auf ein gemeinsames und damit dem Verbraucher zugute kommendes Schallaufzeichnungsverfahren einigen konnte. Heute sieht es aber so aus, als ob das von der CBS (Columbia Broadcasting Systems, Inc.) in den USA und Sony in Japan gemeinsam entwickelte SQ-Verfahren vor dem von RCA in den USA und Nivico in Japan propagierten CD-4-Verfahren das Rennen machen würde. Zwar weist das CD-4-Verfahren ausgezeichnete Werte für den Fremdspannungsabstand und für die Übersprechdämpfung auf. Dieser Vorteil muss aber wie so oft in der Technik durch folgende Nachteile erkauft werden:

a) Der Übertragungsbereich des beim CD-4-Verfahren benützten Tonabnehmers muss auf über 45 kHz erweitert werden, wozu u. a. die Verwendung der sog. Shibatanadel mit ihrem geringeren Auflagerdruck als zweckmässig erscheint.

b) Bei der HF-Übertragung beträgt die höchste zu übertragende «Niederfrequenz» 45 kHz gegenüber 15 kHz bei Stereoübertragungen. Diese 45 kHz erfordern natürlich für den verzerrungsfreien Empfang auch eine grössere Kanalbandbreite, als den UKW-Sendern heute zur Verfügung steht.

Das QS-Verfahren von Sansui, das eng verwandt ist mit dem SQ-Verfahren von CBS und Sony sowie mit dem QR-Verfahren von Kennwood, dem QM-Verfahren von Toshiba und dem QX-4-Verfahren von Denon, ist dagegen ein sog.

Matrix-Verfahren, bei dem die vierkanalige Information zunächst in eine zweikanalige codiert und übertragen bzw. gespeichert werden kann.

Bevor nun auf die Technik der quadrofönen Aufzeichnung und Wiedergabe näher eingegangen werden soll, sei eine genaue Begriffsbestimmung vorangestellt:

### 1.1 Echte Quadrofonie

Die echte Quadrofonie ist dadurch gekennzeichnet, dass jedem der vier Lautsprecher ein speziell für ihn aufgenommenes Signal zugeführt wird. Die Quellen dieser quadrofönen Wiedergabe können sein:

- a) Quadrofön bespielte Schallplatten nach dem CD-4-Verfahren oder einem Matrix-Verfahren;
- b) Vierspurig bespielte Tonbänder;
- c) Quadrofön ausgestrahlte Rundfunkprogramme.

Die echte Quadrofonie bleibt auch dann erhalten, wenn die vier aufnahmeseitig erhaltenen Signale im Zuge des Übertragungsweges vorübergehend in z.B. zwei getrennte Kanäle untergebracht werden. Dieser Fall tritt z.B. bei der Abspielung von quadrofön nach dem SQ-Verfahren aufgenommenen Schallplatten auf, die aus Gründen der Kompatibilität auch von einer Stereo-Anlage stereofon wiedergegeben werden müssen. In diesem Falle spricht man von einem 4-2-4-System im Gegensatz zu einem 4-4-4-System bei vierspurig bespielten Tonbändern, deren Information den vier NF-Kanälen des HiFi-Verstärkers vierkanalig zugeführt wird. Es sei aber an dieser Stelle bereits erwähnt, dass dieses 4-4-4-System mit stereofönen Anlagen nicht kompatibel ist.

### 1.2 Quasi-Quadrofonie

Von Quasi-Quadrofonie wird gesprochen, wenn aus einer stereofon vorliegenden Information mit Hilfe elektronischer Schaltungen zusätzliche Signale für die beiden rückwärtigen Lautsprecher gebildet werden. In Analogie zu dem oben erwähnten 4-2-4-System könnte man hier von einem 2-2-4-System sprechen. Die mit Hilfe solcher Matrix-Schaltungen erhaltenen Signale müssen natürlich so beschaffen sein, dass sie eine eindeutige Verbesserung des Klangbildes hervorrufen.



Eine durch Versuchsergebnisse [1]<sup>1)</sup> gefundene glückliche Lösung zeigt Fig. 1.

In Fig. 1 sind  $L$  und  $R$  die Signale des  $L$ - und  $R$ -Kanals, während  $L_F'$ ,  $R_F'$ ,  $L_R'$  und  $R_R'$  die den Lautsprechern zugeführten Signale sind. Bei dieser Darstellung wird also den beiden rückwärtigen Lautsprechern die aus den beiden Frontsignalen  $L$  und  $R$  gebildete Differenz  $L-R$  bzw.  $R-L$  zugeführt. Es sei aber an dieser Stelle bereits angedeutet, dass die beiden Rücksignale  $L_R'$  und  $R_R'$  zur besseren Nachbildung des diffusen Schalles noch mit einer extrem niedrigen Frequenz von z.B. 8 Hz phasenmoduliert sein können und auch noch nach einem etwas komplizierteren Bildungsgesetz erzeugt werden, als es die einfache Differenzbildung darstellt.

### 1.3 Pseudo-Quadrofonie

Eine Pseudo-Quadrofonie liegt dann vor, wenn den beiden rückwärtigen Lautsprechern jeweils die gleichen Signale zugeführt werden wie den beiden entsprechenden Frontlautsprechern. Diese Pseudo-Quadrofonie lässt sich somit durch die Hinzuschaltung zweier weiterer Lautsprecher an eine Stereophonie-Anlage leicht herstellen. Allerdings muss gesagt werden, dass auch bei Verwendung eigener Verstärker für diese rückwärtigen Signale nur eine geringe qualitative Verbesserung zu erzielen ist. Die Pseudo-Quadrofonie ist mit der Pseudo-Stereophonie vergleichbar, bei der die beiden Lautsprecher von einem Monoverstärker in gleicher Weise angesteuert werden.

## 2. Quasi-Quadrofonie

### 2.1 Blockschaltbild

Die in Fig. 2 dargestellte Matrix kombiniert die beiden stereophon vorliegenden Signale  $L$  und  $R$  nach einem bestimmten, noch zu beschreibenden System, welches einen den Umständen entsprechenden optimalen Raumklang zu liefern imstande ist. Die Entwicklung dieses Gleichungssystems ist Gegenstand des folgenden Abschnittes.

### 2.2 Übertragungsgleichung der Matrix

Es werde zur Ableitung der Übertragungsgleichungen zunächst angenommen, dass im Aufnahme- (vgl. Fig. 2) eine Schallwelle derart auf die Mikrofongruppe treffe, dass im  $L$ -Kanal die Spannung  $L = A \cos \omega t$  und im  $R$ -Kanal die Spannung  $R = 0,5 A \cos \omega t$  auftritt. Damit wird bei der stereophonen Wiedergabe die Schallquelle in der Nähe des linken Lautsprechers auf der Verbindungsgeraden der beiden, in die-

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

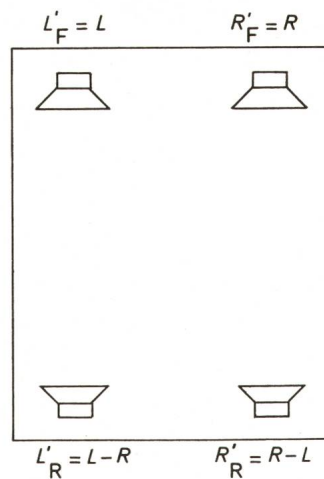


Fig. 1  
Lautsprecheranordnung mit Signalen für eine Quadrofonie-Anlage

- $L$  Signal des  $L$ -Kanals (Links, left)
- $R$  Signal des  $R$ -Kanals (Rechts, right)
- $L_F'$  Signal des Lautsprechers Links-vorn (left-front)
- $R_F'$  Signal des Lautsprechers Rechts-vorn (right-front)
- $L_R'$  Signal des Lautsprechers Links-hinten (left-rear)
- $R_R'$  Signal des Lautsprechers Rechts-hinten (right-rear)

sem Falle allein vorhandenen, Frontlautsprecher lokalisiert. Ebenso soll natürlich auch in einem Raum bei quadrofoner Wiedergabe der Schall bei der erwähnten Aufnahme in der Nähe des linken Frontlautsprechers  $L_F'$  geortet werden können. Genauer gesagt, soll die Schallquelle von einem Zuhörer, der sich in der Mitte des Wiedergaberaumes befindet, in einer Ebene lokalisiert werden, die durch das Dreieck  $R_F' - L_F' - L_R'$  gebildet wird (Fig. 3). Entsprechendes gilt natürlich für die Wiedergabe einer Aufnahme, bei der das  $R$ -Signal der Träger der Hauptinformation ist.

Ein Gleichungssystem für die angegebene Matrix, die diese Forderung erfüllt, würde durch die Gl. (1)...(4) erfüllt werden:

$$L_F' = L + mR \quad (1)$$

$$R_F' = R + mL \quad (2)$$

$$L_R' = L - mR \quad (3)$$

$$R_R' = R - mL \quad (4)$$

Darin ist  $m$  ein Faktor mit dem Wert kleiner als eins, der im folgenden durch die Bedingung bestimmt werden wird, dass bei alleiniger Anwesenheit des Signals  $L$  das Signal  $R_R'$  im rechten Rücklautsprecher, bzw. bei alleiniger Anwesenheit des Signals  $R$  das Signal  $L_R'$  im linken Rücklautsprecher verschwindet.

Im  $L$ -Kanal sei z.B. entsprechend der vom  $L$ -Mikrofon aufgenommenen Schalleistung eine Spannung der Grösse  $L = 1$  vorhanden. Wegen der Richtcharakteristik des  $R$ -Mikrofons herrsche bei Ausrichtung des  $L$ -Mikrofons auf die Schallquelle in diesem  $R$ -Mikrofon nur die Spannung  $R = m$  mit  $m < 1$ .

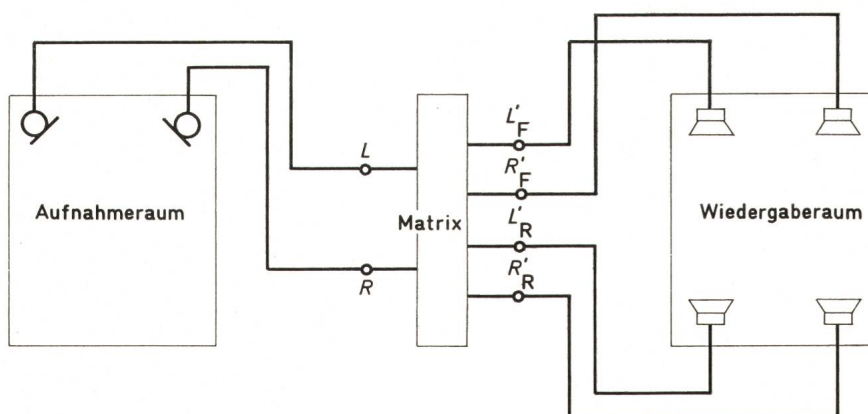


Fig. 2  
Blockschaltbild  
bei quasiquadrofonen Wiedergabe  
Bezeichnungen siehe Fig. 1



Dann erhält man mit dem angegebenen Gleichungssystem für die einzelnen Lautsprechersignale

$$L_F' = L + mR = 1 + m \cdot m = 1 + m^2 \quad (5)$$

$$R_F' = R + mL = m + m \cdot 1 = 2m \quad (6)$$

$$L_R' = L - mR = 1 - m \cdot m = 1 - m^2 \quad (7)$$

$$R_R' = R - mL = m - m \cdot 1 = 0 \quad (8)$$

Sollen bei der angestrebten quadrofonen Wiedergabe bei maximalem  $L_F'$ -Signal die beiden benachbarten Signale  $L_R'$  und  $R_F'$  gleiche Werte erhalten (Fig. 3), so erhält man für den zunächst noch unbestimmten Wert  $m$ :

$$L_R' = R_F' \rightarrow 2m = 1 - m^2 \quad (9)$$

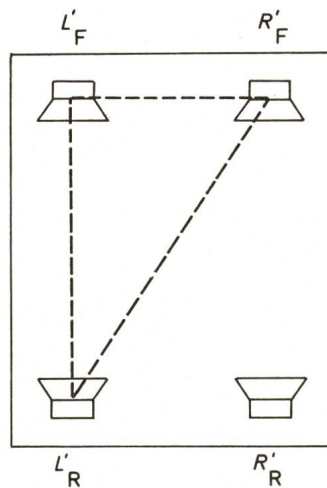
$$m = -1 \pm \sqrt{1+1} = -1 + 1,414$$

$$m = 0,414 \quad (10)$$

Natürlich muss die Richtcharakteristik der beiden Mikrofone diesem Wert  $m = 0,414$  angepasst sein, denn dieser Wert erscheint ja auch aufnahmeseitig, wie Gl. (1)...(4) anzeigen.

Mit drei Beispielen sei die hier zur Diskussion stehende Quasi-Quadrofonie noch etwas näher beleuchtet.

Fig. 3  
Quadrofone Wiedergabe bei  
stereofoner Aufnahme mit  $L > R$   
Bezeichnungen siehe Fig. 1



**Beispiel 1:** Im rechten und linken Kanal einer Stereofonie-Aufnahmeanlage befinden sich die beiden gleich grossen Signale  $L = R = 1$ . Gefragt ist nach den vier Lautsprechersignalen  $L_F'$ ,  $R_F'$ ,  $L_R'$  und  $R_R'$ .

Nach den Gl. (1)...(4) erhält man:

$$L_F' = L + mR = 1 + 0,414 \cdot 1 = 1,414$$

$$R_F' = R + mL = 1 + 0,414 \cdot 1 = 1,414$$

$$L_R' = L - mR = 1 - 0,414 \cdot 1 = 0,586$$

$$R_R' = R - mL = 1 - 0,414 \cdot 1 = 0,586$$

Wie man aus Fig. 4 erkennt, wird die Schallquelle zwischen den beiden Frontlautsprechern geortet, wenn nicht mit einer zusätzlichen Schallverzögerung bei den Front- bzw. Rücksignalen gearbeitet wird.

**Beispiel 2:** Entsprechend der Schalleinstrahlung auf die beiden Mikrofone betragen die Spannung im  $L$ -Kanal:  $L = 1$  und im  $R$ -Kanal:  $R = 0,5$ . Gefragt sei nach den vier Lautsprechersignalen. Nach den Gl. (1)...(4) wird:

$$L_F' = L + mR = 1 + 0,414 \cdot 0,5 = 1,207$$

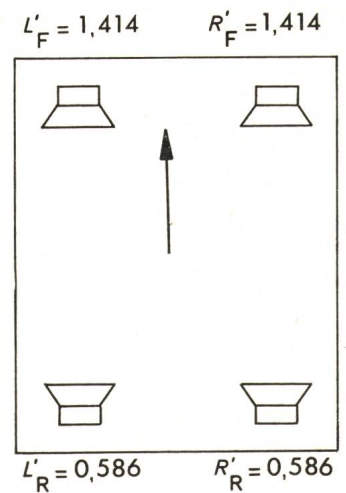
$$R_F' = R + mL = 0,5 + 0,414 \cdot 1 = 0,914$$

$$L_R' = L - mR = 1 - 0,414 \cdot 0,5 = 0,793$$

$$R_R' = R - mL = 0,5 - 0,414 \cdot 1 = 0,086$$

Fig. 5 zeigt die räumliche Anordnung der Schallquellen mit der Grösse der einzelnen Lautsprechersignale. Wie der Figur zu entnehmen ist, wird die Schallquelle in der Nähe des linken Frontlautsprechers geortet werden, wobei aber zu beachten ist, dass dieser Schall wegen der beiden Lautsprechersignale  $R_F'$  und  $L_R'$  schon mehr aus dem Dreieck  $R_F' - L_F' - L_R'$  zu kommen scheint.

Fig. 4  
Lautsprechersignale für Beispiel 1  
Bezeichnungen siehe Fig. 1



**Beispiel 3:** Mit Hilfe einer speziellen Aufnahmetechnik, wie sie z. B. bei der Aufnahme von Applaus auf «Live»-Schallplatten angewendet wird, herrsche im  $L$ -Kanal die Spannung  $L = 1$ , im rechten Kanal dagegen die Spannung  $R = -1$  (!). Die Beträge in den beiden Kanälen sind zwar gleich gross, der Winkel zwischen beiden Spannungen betrage aber  $180^\circ$ . Gefragt ist nach den vier Lautsprechersignalen.

Nach den Gl. (1)...(4) wird:

$$L_F' = L + mR = 1 + 0,414 \cdot (-1) = 0,586$$

$$R_F' = R + mL = (-1) + 0,414 \cdot 1 = -0,586$$

$$L_R' = L - mR = 1 - 0,414 \cdot (-1) = 1,414$$

$$R_R' = R - mL = (-1) - 0,414 \cdot 1 = -1,414$$

Fig. 6 zeigt wieder die räumliche Anordnung der Lautsprecher mit der relativen Grösse ihrer einzelnen Signale. Der Figur ist zu entnehmen, dass die Schallquelle zwischen den beiden rückwärtigen Lautsprechern geortet wird. Allerdings erscheinen sowohl die beiden Front- als auch die beiden Rücksignale gegenphasig, worauf im folgenden noch näher eingegangen werden wird.

### 2.3 90°-Phasenschieber

Mit den Beispielen des Abschnitts 2.2 ist gezeigt worden, dass gleichphasige Komponenten des  $L$ - und  $R$ -Kanals vornehmlich in den beiden Frontlautsprechern lokalisiert werden, gegenphasige dagegen hauptsächlich in den beiden Rücklautsprechern. Während aber die gleichphasigen Komponenten in den Frontlautsprechern gleichphasig erscheinen, werden die gegenphasigen von den Rücklautsprechern gegenphasig abgestrahlt. Die Gegenphasigkeit der Rücklautsprecher führt aber zu derselben Qualitätsverminderung in der Wiedergabe, wie sie bekanntlich beim nicht phasenrichtigen Anschluss zweier Stereofonie-Lautsprecher auftritt.

$$L_F' = 1,207 \quad R_F' = 0,914$$

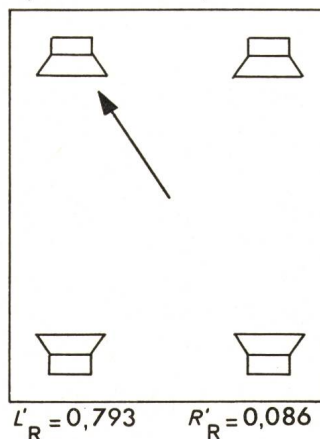


Fig. 5  
Lautsprechersignale für Beispiel 2  
Bezeichnungen siehe Fig. 1



$$L'_F = 0,586 \quad R'_F = -0,586$$

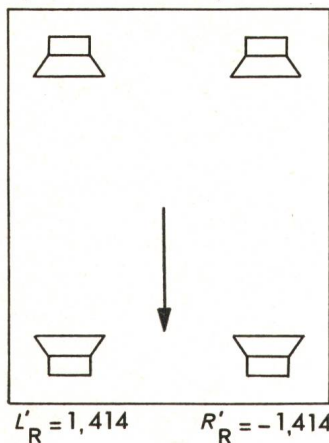


Fig. 6  
Lautsprechersignale für Beispiel 3  
Bezeichnungen siehe Fig. 1

Die infolge dieser Gegenphasigkeit auftretenden Nachteile werden vermieden, wenn in die  $L'_R$ - und  $R'_R$ -Leitung jeweils ein  $90^\circ$ -Phasenschieber eingebaut wird (Fig. 7).

Es sei an dieser Stelle bereits erwähnt, dass diesen  $90^\circ$ -Phasenschiebern eine wichtige Rolle bei der Codierung von Quadrofoni-Signalen in der Schallplattenrinne zukommt. Fig. 8 zeigt die Phasenlage der einzelnen Kanäle zueinander, und zwar Fig. 8a mit den beiden Phasenschiebern, Fig. 8b ohne Phasenschieber.

#### 2.4 Phasenmodulator

Die das Ohr des Zuhörers treffenden indirekten Schallwellen ändern, da sie von den verschiedensten Stellen des Aufnahme- raumes reflektiert werden, laufend ihre Phasenlage relativ zum direkten Schall. Damit genügt es zu optimaler Wiedergabe nicht, den beiden rückwärtigen Lautsprechern einfach eine Kombination der beiden Frontlautsprecher zuzuführen; viel- mehr muss diese laufende Phasenänderung zwischen direktem und indirektem Schall berücksichtigt werden. Einen eleganten Lösungsweg begeht hier Sansui mit einer Phasenmodulations- schaltung, deren Prinzip Fig. 9 zeigt:

Die optimalen Werte für den Phasenhub und die Modula- tionsfrequenz wurden experimentell ermittelt. Nach Angaben von Sansui konnte die Qualität quadrofoner Wiedergabe weiter gesteigert werden. Ohne diese Phasenmodulation würde dem Zuhörer die wiederzugebende Musik von vier Lautsprechern «hingestreut», mit Phasenmodulation «fühle sich der Zuhörer dagegen inmitten eines Konzertsales während einer Live- Darbietung».

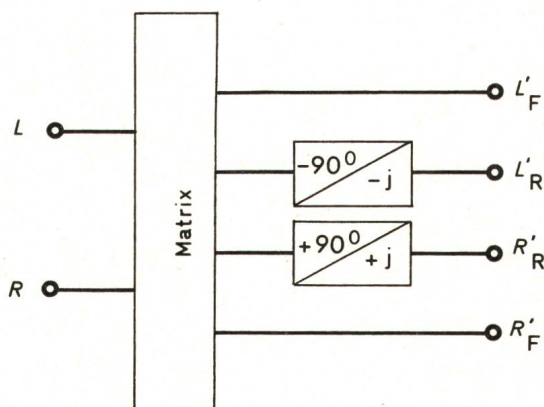


Fig. 7  
Matrix eines 2-2-4-Systems mit  $90^\circ$ -Phasenschieber  
Bezeichnungen siehe Fig. 1

### 3. Echte Quadrofonie als 4-4-4-System

Beim 4-4-4-System werden, wie einleitend erwähnt, die im Aufnahmerraum mit vier Mikrofonen aufgenommenen Signale über vier Leitungen den vier Lautsprechern des Wiedergabe- raumes zugeführt. Es ist dabei selbstverständlich, dass diese vier Signale noch auf ihrem Übertragungsweg einzeln beein- flussbar sind, so dass sich eine optimale Wiedergabequalität ergibt.

Fig. 10 zeigt schematisch das Blockschaltbild eines 4-4-4- Systems.

### 4. Echte Quadrofonie als 4-2-4-System

#### 4.1 Blockschaltbild

Fig. 11 zeigt das Blockschaltbild eines 4-2-4-Systems. Die vier im Aufnahmerraum bzw. im Regieraum gebildeten Auf- nahmesignale  $L_F$ ,  $R_F$ ,  $L_R$  und  $R_R$  werden im Encoder in die zwei Signale  $L$  und  $R$  codiert, um dann mit Hilfe des Decoders wieder in die vier Wiedergabesignale  $L'_F$ ,  $R'_F$ ,  $L'_R$  und  $R'_R$  auf- gespalten zu werden.

#### 4.2 Der Encoder

##### 4.2.1 Aufgabe des Encoders

Der Encoder hat die Aufgabe, die vier unabhängigen Mikro- fonsignale derart in zwei Kanäle zusammenzufassen, dass auf der Wiedergabeseite der Decoder die vier ursprünglich aufge-

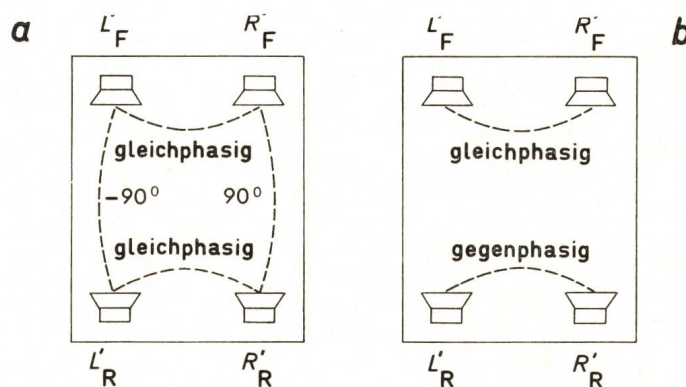


Fig. 8  
Phasenlage der Rücklautsprecher  
mit (a) und ohne (b)  $90^\circ$ -Phasenschieber  
Bezeichnungen siehe Fig. 1

nommenen Signale möglichst wiedergabegetreu zurückgewin- nen kann. Eine ähnliche Aufgabe trat in der Unterhaltungs- elektronik bereits beim Farbfernsehen auf: Hier wurde die Übertragung der Rot-Grün-Blau-Information mit Hilfe der Quadratur-Modulation, also auch mit Hilfe eines Codier- Verfahrens, elegant gelöst.

##### 4.2.2 Übertragungsgleichungen des Encoders

Die beiden Übertragungssignale  $L$  und  $R$  müssen die Infor- mationen der vier Aufnahmefunktionen enthalten. Allgemein lässt sich damit für die Übertragungsfunktion des Encoders schreiben:

$$L = c_1 L_F + c_2 R_F + c_3 L_R + c_4 R_R \quad (11)$$

$$R = c_5 L_F + c_6 R_F + c_7 L_R + c_8 R_R \quad (12)$$

Andrerseits werden aus diesen beiden Übertragungssignalen  $L$  und  $R$  die vier Lautsprechersignale wiedergewonnen. Damit lautet die Übertragungsfunktion des Decoders:



$$L_F' = a_1 L + a_2 R \quad (13)$$

$$R_F' = a_3 L + a_4 R \quad (14)$$

$$L_R' = a_5 L + a_6 R \quad (15)$$

$$R_R' = a_7 L + a_8 R \quad (16)$$

Die Bestimmung der in den beiden Gleichungssystemen auftretenden Konstanten  $c_1$  bis  $c_8$  bzw.  $a_1$  bis  $a_8$  lässt sich nach einer von *Scheiber* angegebenen Koordinatentransformation anschaulich beschreiben. Gleichzeitig liefert diese Transformation die theoretischen Grundlagen für die Unterbringung der vier unabhängigen Informationen in die Rille einer stereo-kompatiblen Schallplatte. Fig. 12 zeigt die Anordnung der vier Aufnahme-Mikrofone und Fig. 13 deren Lage nach der Koordinatentransformation in der  $LR$ -Ebene. Der Winkel  $\beta$  sei ein zunächst unbekannter Winkel, der sich ebenso bestimmen lässt wie seinerzeit der Faktor  $m$  bei der Quasi-Quadrofonie im Abschnitt 2.

Aus Fig. 13 erkennt man folgende Zusammenhänge zwischen den Übertragungssignalen  $L$  und  $R$  einerseits und den Aufnahmesignalen  $L_R, L_F, R_F$  und  $R_R$  anderseits.

$$L = L_F \cos \beta + L_R \cos \beta + R_F \sin \beta - R_R \sin \beta \quad (17)$$

$$R = R_F \cos \beta + R_R \cos \beta + L_F \sin \beta - L_R \sin \beta \quad (18)$$

bzw.

$$L = (L_F + L_R) \cos \beta + (R_F - R_R) \sin \beta \quad (19)$$

$$R = (R_F + R_R) \cos \beta + (L_F - L_R) \sin \beta \quad (20)$$

#### 4.3 Der Decoder

Für die Decodierung wird die  $LR$ -Halbebene wieder in die räumliche Vollebene überführt, womit sich Aufnahme und Wiedergabe in demselben Koordinatensystem befinden.

Fig. 14 entnimmt man z.B. für die vier Lautsprechersignale folgende Zusammensetzung aus den beiden Übertragungssignalen:

$$L_F' = L \cos \beta + R \sin \beta \quad (21)$$

$$R_F' = R \cos \beta + L \sin \beta \quad (22)$$

$$L_R' = L \cos \beta - R \sin \beta \quad (23)$$

$$R_R' = R \cos \beta - L \sin \beta \quad (24)$$

Bei diesem Gleichungssystem muss natürlich beachtet werden, dass es sich bei den einzelnen Komponenten um Spannungszeiger handelt, die sich vektoriell addieren.

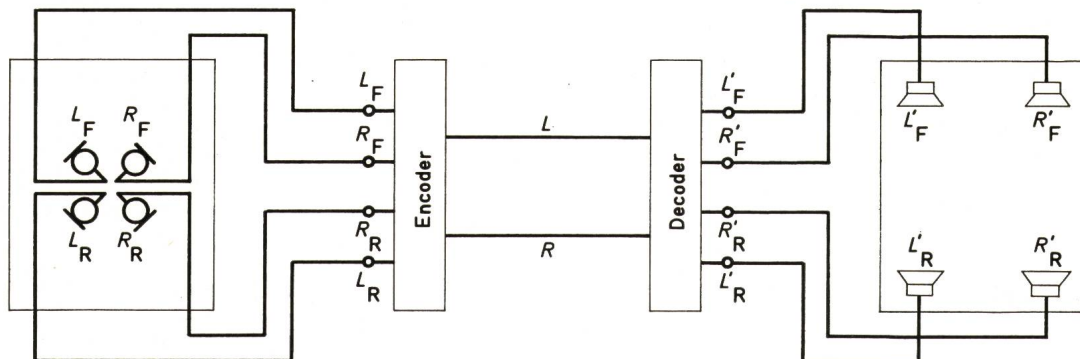


Fig. 11  
Blockschaltbild eines 4-2-4-Systems

$L_F$  Signal des Mikrofons Links-vorn (left-front)  
 $R_F$  Signal des Mikrofons Rechts-vorn (right-front)  
 $L_R$  Signal des Mikrofons Links-hinten (left-rear)  
 $R_R$  Signal des Mikrofons Rechts-hinten (right-rear)

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

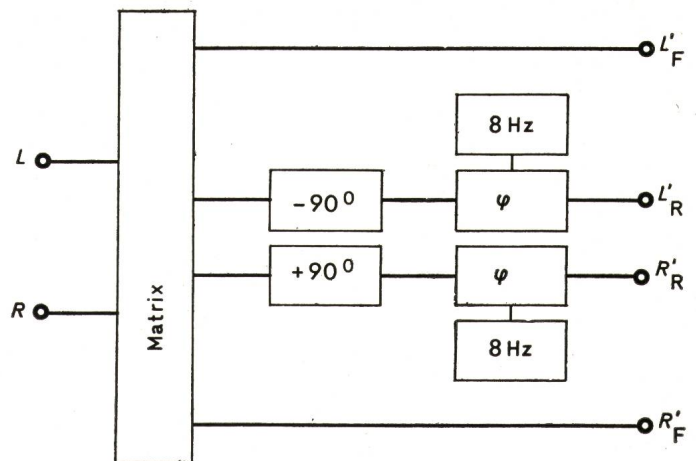


Fig. 9  
Matrix-Schaltung mit Phasenschieber und Phasenmodulator  
 $\phi$  Phasenmodulator

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

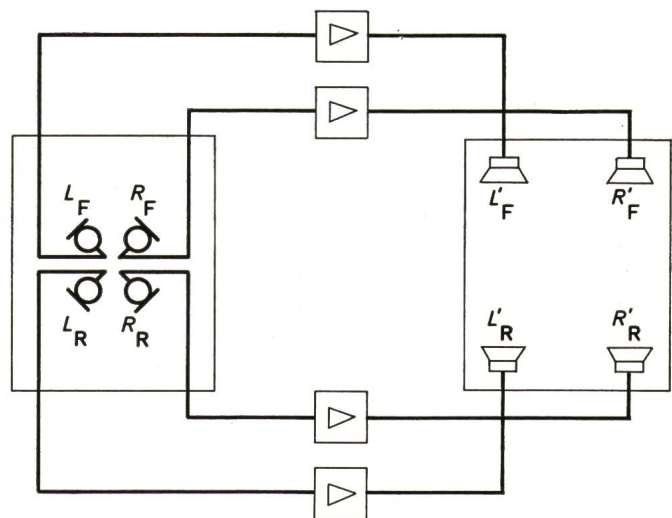


Fig. 10  
Blockschaltbild eines 4-4-4-Systems  
 Bezeichnungen siehe Fig. 1

In dieses Gleichungssystem [(21)...(24)] werden nun die Aufnahmesignale nach Gl. (19) und (20) eingesetzt, so dass man die Abhängigkeit der Wiedergabesignale  $L_F', R_F', L_R'$  und  $R_R'$  von den Aufnahmesignalen  $L_F, R_F, L_R$  und  $R_R$  erhält. Für das Signal  $L_F'$  wird nun:

$$\begin{aligned}
L_F' &= L \cos \beta + R \sin \beta = \\
&= (L_F + L_R) \cos^2 \beta + (R_F - R_R) \sin \beta \cdot \cos \beta + \\
&\quad + (R_F + R_R) \cos \beta \cdot \sin \beta + (L_F - L_R) \sin^2 \beta = \\
&= L_F (\cos^2 \beta + \sin^2 \beta) + L_R (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta) + \\
&\quad + 2R_F \cos \beta \cdot \sin \beta = \\
&= L_F + L_R \cos 2\beta + R_F \sin 2\beta \quad (25)
\end{aligned}$$

Damit ist im Wiedergabekanal  $L_F'$  bereits kein Anteil des aufnahmeseitig diametral gegenüberliegenden Signals  $R_R$  enthalten. Zweckmässig werden nun wie bei der Quasi-Quadrofonie im Abschnitt 2 die dem  $L_F'$ -Signal unmittelbar benachbarten Aufnahmesignale  $L_R$  und  $R_F$  bei der Wiedergabe gleich bewertet. In diesem Fall muss wie seinerzeit bei der Bestimmung des Faktors  $m$  wieder gelten:

$$\cos 2\beta = \sin 2\beta \quad (26)$$

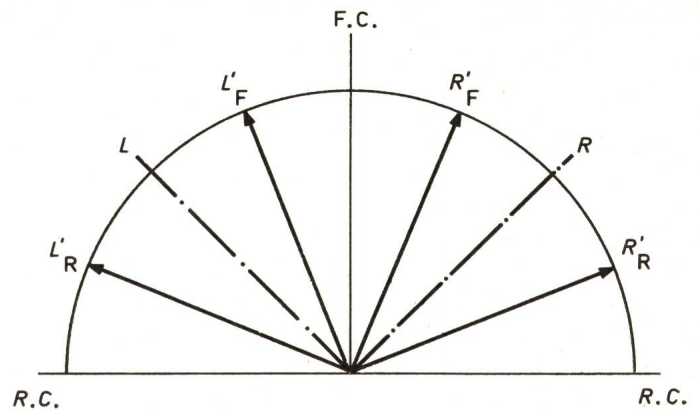
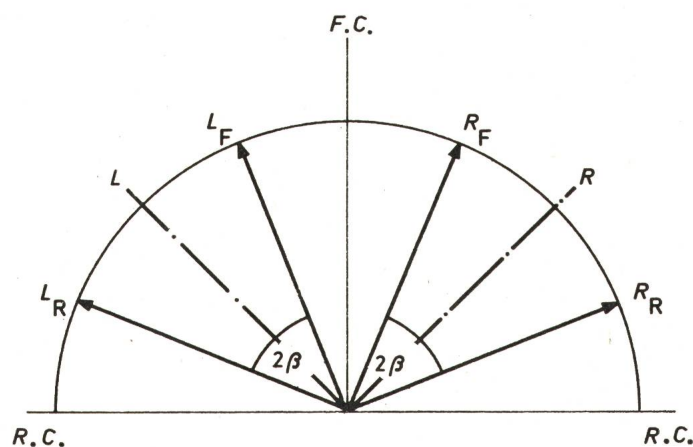
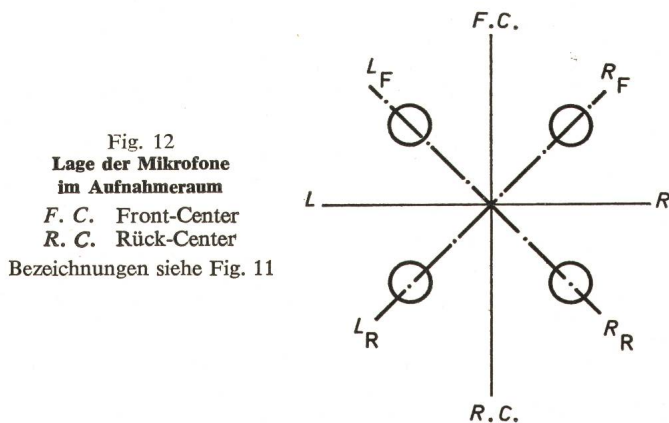
Diese Gleichung ist bei  $\beta = 22,5^\circ$  erfüllt. (27)

Mit dem so gefundenen Wert für  $\beta$  setzt sich nun das Aufnahmesignal  $L_F'$  im linken Frontlautsprecher aus den drei Aufnahmesignalen  $L_F$ ,  $R_F$  und  $L_R$  wie folgt zusammen:

$$L_F' = L_F + 0,707 (L_R + R_F) \quad (28)$$

Entsprechend erhält man für die drei weiteren Lautsprecher-signale

$$R_F' = R_F + 0,707 (R_R + L_F) \quad (29)$$



$$L_R' = L_R + 0,707 (L_F - R_R) \quad (30)$$

$$R_R' = R_R + 0,707 (R_F - L_R) \quad (31)$$

Damit wird bei der Quasi-Quadrofonie den einzelnen Lautsprechern nicht exakt das entsprechende Aufnahmesignal zugeführt, z.B. dem  $L_F'$ -Lautsprecher das  $L_F$ -Signal, sondern zusätzlich noch die Information der beiden Nachbarkanäle. Das Signal des diametral gegenüberliegenden Mikrofons, hier das  $R_R$ -Mikrofon, wird dagegen unterdrückt.

#### 4.4 Gleichungen der beiden Übertragungskanäle

Mit dem so bestimmten Winkel  $\beta = 22,5^\circ$  lassen sich nun auch die beiden Übertragungssignale der Quadrofonie  $L$  und  $R$  angeben. Mit den Gl. (19) und (20) wird:

$$\begin{aligned}
L &= (L_F + L_R) \cos \beta + (R_F - R_R) \sin \beta = \\
&= 0,924 (L_F + L_R) + 0,383 (R_F - R_R) \quad (32)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R &= (R_F + R_R) \cos \beta + (L_F - L_R) \sin \beta = \\
&= 0,924 (R_F + R_R) + 0,383 (L_F - L_R) \quad (33)
\end{aligned}$$

Es sei an dieser Stelle aber darauf hingewiesen, dass die Gl. (32) und (33) noch nicht die endgültige Form der Übertragungsgleichungen darstellen.

#### 4.5 Übertragungsgleichungen des 4-2-4-Systems

Will man denselben Decoder für die Wiedergabe von quadrofonden Rundfunksendungen und quadrofönisch bespielten Schallplatten einsetzen, so muss auf die Möglichkeiten der Unterbringung von vier verschiedenen Informationen in einer Schallplattenrinne geachtet werden. Das oben abgeleitete Gleichungssystem behält dann weiter seine Gültigkeit, wenn wie bei der Quasi-Quadrofonie die beiden Rücksignale sowohl aufnahmeseitig als auch bei der Wiedergabe gegenüber den beiden Frontsignalen in ihrer Phasenlage um jeweils  $90^\circ$  gedreht werden. Damit erhält man das in Fig. 15 dargestellte Blockschaltbild:

##### 4.5.1 Gleichungen der beiden Übertragungskanäle

$$\begin{aligned}
L &= (L_F + jL_R) \cos \beta + [R_F - (-j)R_R] \sin \beta = \\
&= 0,924 (L_F + jL_R) + 0,383 (R_F + jR_R) \quad (34)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R &= [R_F + (-j)R_R] \cos \beta + (L_F - jL_R) \sin \beta = \\
&= 0,924 (R_F - jR_R) + 0,383 (L_F - jL_R) \quad (35)
\end{aligned}$$



#### 4.5.2 Lautsprechersignale

Infolge der zweimaligen 90°-Phasendrehung ändern sich die Lautsprechersignale gegenüber den Gl. (28)...(31), wie anhand des  $L_R'$ -Signals abgeleitet werden soll, wie folgt:

$$\begin{aligned} L_R' &= (-j) [L \cos \beta - R \sin \beta] = \\ &= (-j) [(L_F + jL_R) \cos^2 \beta + (R_F + jR_R) \sin \beta \cdot \cos \beta - \\ &\quad - (R_F - jR_R) \cos \beta \cdot \sin \beta - (L_F - jL_R) \sin^2 \beta] = \\ &= (-j) [L_F (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta) + jR_R \cdot 2 \cos \beta \sin \beta + \\ &\quad + jL_R (\cos^2 \beta + \sin^2 \beta)] = \\ &= (-j) [L_F \cos 2\beta + jR_R \sin 2\beta + jL_R] = \\ &= L_R + R_R \sin 2\beta - jL_F \cos 2\beta = \\ &= L_R + 0,707 (R_R - jL_F) \end{aligned} \quad (36)$$

Entsprechend erhält man für das  $R_R'$ -Signal:

$$R_R' = R_R + 0,707 (L_R + jR_F) \quad (37)$$

Bei den beiden Frontsignalen  $L_F'$  und  $R_F'$  tritt nach dem Decoder die zusätzliche 90°-Phasendrehung nicht auf, so dass man für die beiden Frontsignale folgende Übertragungsgleichungen erhält:

$$\begin{aligned} L_F' &= L \cos \beta + R \sin \beta = \\ &= (L_F + jL_R) \cos^2 \beta + (R_F + jR_R) \sin \beta \cdot \cos \beta + \\ &\quad + (R_F - jR_R) \cos \beta \cdot \sin \beta + (L_F - jL_R) \sin^2 \beta = \\ &= L_F (\cos^2 \beta + \sin^2 \beta) + jL_R (\cos^2 \beta - \sin^2 \beta) + \\ &\quad + 2R_F \sin \beta \cdot \cos \beta = \\ &= L_F + jL_R \cos 2\beta + R_F \sin 2\beta = \\ &= L_F + 0,707 (R_F + jL_R) \end{aligned} \quad (38)$$

Entsprechend erhält man für das Signal des rechten Frontlautsprechers:

$$R_F' = R_F + 0,707 (L_F - jR_R) \quad (39)$$

#### 4.6 Zusammenstellung der Übertragungsgleichungen eines 4-2-4-Quadrofonie-Systems

Die abgeleiteten Gleichungen gelten streng für das QS-System von Sansui. Sie sind aber eng verwandt mit dem von Kennwood entwickelten QR-Verfahren, dem SQ-Verfahren von CBS-Sony, dem QM-Verfahren von Toshiba und dem QX-4-Verfahren von Denon.

##### 4.6.1 Übertragungsgleichungen

$$L = 0,924 (L_F + jL_R) + 0,383 (R_F + jR_R) \quad (34)$$

$$R = 0,924 (R_F - jR_R) + 0,383 (L_F - jL_R) \quad (35)$$

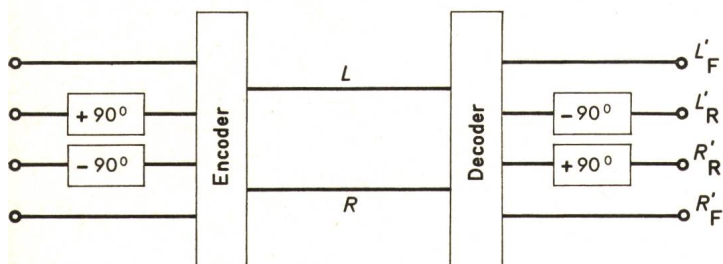


Fig. 15  
Blockschaltbild eines 4-2-4-Systems  
Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 11

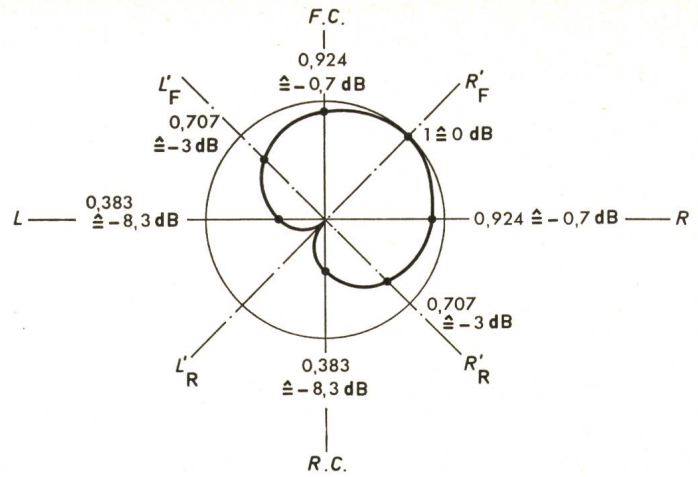


Fig. 16  
Druckpegeldiagramm für ein gegebenes Beispiel  
Bezeichnungen siehe Fig. 1

#### 4.6.2 Lautsprechersignale

$$L_F' = L_F + 0,707 (jL_R + R_F) \quad (38)$$

$$L_R' = L_R + 0,707 (R_R - jL_F) \quad (36)$$

$$R_R' = R_R + 0,707 (L_R + jR_F) \quad (37)$$

$$R_F' = R_F + 0,707 (L_F - jR_R) \quad (39)$$

#### 4.7 Beispiele

Die abgeleiteten Gleichungen sollen nun anhand von einigen Beispielen, bei denen die Darstellung des Richtdiagramms im Wiedergaberaum bei gegebenen Mikrofonsignalen berechnet und dargestellt werden soll, näher erläutert werden.

**Beispiel 1:** Aufnahmeseitig werde nur vom  $R_F$ -Mikrofon ein Signal registriert; und zwar entspreche die vom  $R_F$ -Mikrofon abgegebene Spannung  $R_F = 1$ . Gesucht ist das Richtdiagramm, d.h. das Schalldruck-Diagramm im Wiedergaberaum.

Nach den Gl. (36)...(39) errechnen sich die Lautsprechersignale zu:

$$L_F' = L_F + 0,707 (jL_R + R_F) = 0 + 0,707 (0 + 1) = 0,707 \triangleq (L_F')' = -3 \text{ dB}$$

$$L_R' = L_R + 0,707 (R_R - jL_F) = 0 \triangleq (L_R')' = -\infty \text{ dB}$$

$$R_R' = R_R + 0,707 (L_R + jR_F) = 0 + 0,707 (0 + j1) = j0,707 \triangleq (R_R')' = -3 \text{ dB}$$

$$R_F' = R_F + 0,707 (L_F - jR_R) = 1 \triangleq (R_F')' = 0 \text{ dB}$$

Für die Darstellung des Schalldruckdiagramms ist noch die Größe des zwischen den Links- und Rechtslautsprechern auftretenden Druckpegels interessant. Diesen erhält man mit Hilfe der Gl. (34) und (35) zu:

$$\begin{aligned} L &= 0,924 (L_F + jL_R) + 0,383 (R_F + jR_R) = \\ &= 0,924 (0) + 0,383 (1 + j0) = 0,383 \triangleq (L)' = -8,3 \text{ dB} \\ R &= 0,924 (R_F - jR_R) + 0,383 (L_F - jL_R) = \\ &= 0,924 (1 - j0) + 0,383 (0) = 0,924 \triangleq (R)' = -0,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

In diesem Beispiel wurde von der Umrechnung

$$(a)' = 20 \lg a \text{ dB} \quad (40)$$

Gebrauch gemacht.

Fig. 16 zeigt das berechnete Druckpegeldiagramm.

**Beispiel 2:** Aufnahmeseitig werde ein Signal nur von den beiden Frontmikrofonen aufgenommen. Und zwar entspreche die Spannung der beiden Mikrofonausgänge  $R_F = L_F = 1$ . Gesucht ist das Schalldruckdiagramm im Wiedergaberaum.

Im Falle des Beispiels 2 (Fig. 17) lässt sich das gesuchte Diagramm aus der Summe des bekannten Diagramms für eine  $R_F$ -Aufnahme und der dazu um 90° versetzten  $L_F$ -Aufnahme ermitteln. Bei der Pegelumrechnung wird auch hier auf den maximal auftretenden Pegel von  $F.C. = 1,848$  entsprechend  $(F.C.)' = 0 \text{ dB}$  bezogen. Es ist z.B.:

$$(L_F')' = 20 \lg \frac{1,707}{1,848} \text{ dB} = -20 \lg \frac{1,848}{1,707} \text{ dB} = -0,72 \text{ dB}$$



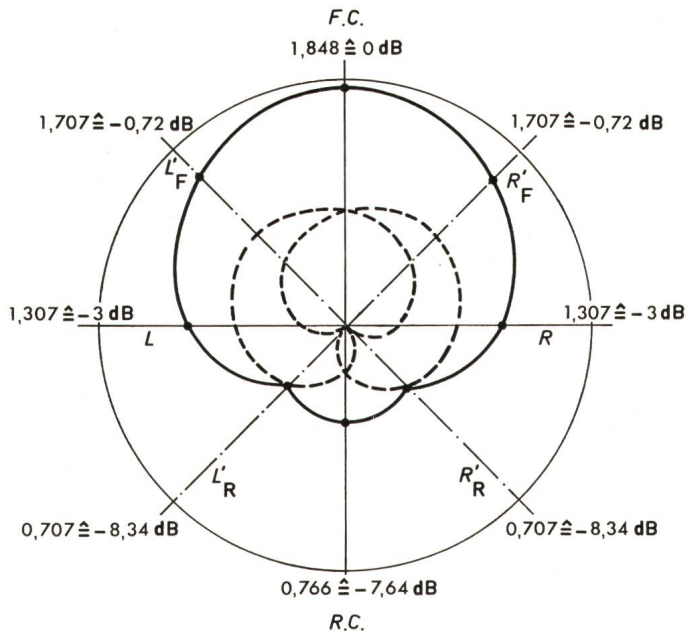


Fig. 17  
Druckpegeldiagramm für ein gegebenes Beispiel  
Bezeichnungen siehe Fig. 1

## 5. Quadrofone Schallplattenaufnahme

### 5.1 Die Ausnutzung der Schallplattenrinne bei stereofoner Aufnahme

Bekanntlich wird bei der stereofonen Schallplattenaufnahme der 135°-Winkel einer Schallplattenrinne dem  $L$ -Kanal, der 225°-Winkel dieser Rinne dem  $R$ -Kanal zugeordnet. Zum Beispiel liefere der  $L$ -Kanal an das Schneidgerät die Spannung  $L = A \cos \omega t$ , der  $R$ -Kanal die Spannung  $R = 0,5 A \cos \omega t$ . Damit ergibt sich die in Fig. 18 dargestellte Bewegung des Schneidstichels bzw. der Abtastnadel. Diese wird sich also bei dieser Darbietung in einer Ebene bewegen, die sich gegenüber der mathematisch positiven reellen Achse von  $\alpha = 135^\circ + \arctan 0,5 = 135^\circ + 26,6^\circ = 161,6^\circ$  befindet; es ist sofort einzusehen, dass sich die Nadel bei fehlendem  $R$ -Signal in einer Ebene von 135° gegenüber der Horizontalen, bei fehlendem  $L$ -Signal in einer Ebene von 225° gegenüber der Horizontalen bewegt. Sind die beiden Signale  $R$  und  $L$  in Phase, so werden von der für die Schallaufnahme zur Verfügung stehenden Schallrillen-Querschnittsfläche nur die in Fig. 19 schraffiert dargestellten Sektoren benötigt, so dass für die bei der Quadrofonie auftretenden Zusatzinformationen platzmässig gesehen noch die beiden unschraffiert gelassenen Sektoren zur Verfügung stehen würden.

### 5.2 Die Schallplattenrinne bei quadrofoner Aufnahme

#### 5.2.1 Ausgangsgleichungen

Die Ausgangsgleichungen für das hier zur Diskussion stehende QS-Verfahren von Sansui und des damit verwandten SQ-Verfahrens von CBS-Sony wurden bereits im Abschnitt 4 abgeleitet. Und zwar war nach Gl. (34) und (35)

$$L = 0,924 (L_F + jL_R) + 0,383 (R_F + jR_R) \quad (34)$$

$$R = 0,924 (R_F - jR_R) + 0,383 (L_F - jL_R) \quad (35)$$

#### 5.2.2 Schneidbewegung des Stichels

Beim QS-Verfahren enthält nun die zur Horizontale um 135° geneigte Ebene nicht mehr allein die vom  $L$ -Mikrofon

einer Stereoaufzeichnungsanlage aufgenommene Information, sondern ein Signal, das sich nach Gl. (34) aus vier Mikrofonsignalen zusammensetzt. Ebenso enthält die unter 225° geneigte Ebene eine nach Gl. (35) zusammengesetzte Information. Wichtig wird bei der Konstruktion der Schneidbewegung die Phasendrehung einzelner Signale um 90°, ausgedrückt durch die Multiplikation mit  $j$ . Bei der folgenden Umrechnung müssen folgende Gesetzmässigkeiten, die sich aus der Anwendung der Eulergleichung

$$e^{jx} = \cos x + j \sin x \quad (41)$$

ergeben, beachtet werden:

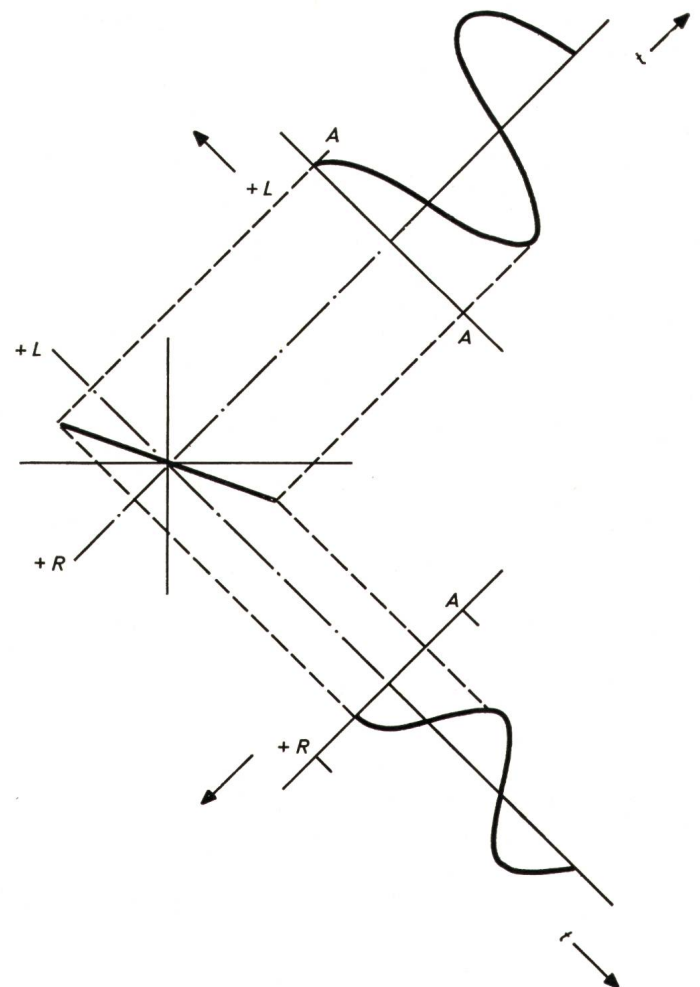


Fig. 18  
Bewegung des Schneidstichels bzw. der Abtastnadel  
in der Schallplattenrinne für ein gegebenes Beispiel

A Amplitude  
t Zeit

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

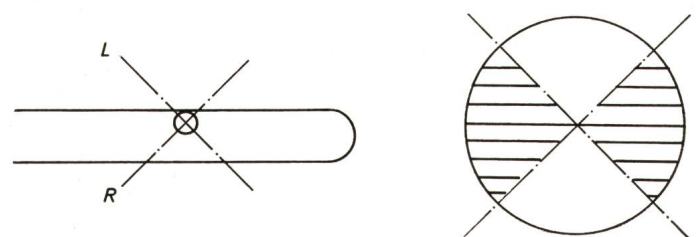


Fig. 19  
Ausnutzung der Schallplattenrinne  
bei der Aufnahme stereofoner Signale  
Bezeichnungen siehe Fig. 1



$$\operatorname{Re}(-je^{jx}) = \sin x \quad (42)$$

$$\operatorname{Re}(je^{jx}) = -\sin x \quad (43)$$

$$\operatorname{Re}(e^{jx}) = \cos x \quad (44)$$

### 5.2.3 Beispiele

Der Sachverhalt lässt sich am zweckmässigsten wieder mit einigen Beispielen erklären:

**Beispiel 1:** Die vier für eine quadrofone Wiedergabe benötigten Mikrofone seien so nahe an der Schallquelle angebracht, dass der reflektierte Schall nur 20% vom direkten Schall betrage. Damit wird

$$L_F = R_F = A \cos \omega t$$

$$L_R = R_R = 0,2 A \cos \omega t$$

Gesucht ist die Schneidbewegung des Stichels bzw. die Abtastbewegung des Diamanten.

Nach Gl. (34) wird unter Berücksichtigung der Gl. (42), (43) und (44):

$$L = 0,924 A \cos \omega t - 0,924 \cdot 0,2 A \sin \omega t + 0,383 A \cos \omega t - 0,383 \cdot 0,2 A \sin \omega t$$

$$L = 1,307 A \cos \omega t - 0,2614 A \sin \omega t$$

Für die in die  $R$ -Richtung fallenden Stichelbewegungen erhält man mit Gl. (35) unter Berücksichtigung der Gl. (42), (43), (44):

$$R = 0,924 A \cos \omega t + 0,924 \cdot 0,2 A \sin \omega t + 0,383 A \cos \omega t + 0,383 \cdot 0,2 A \sin \omega t$$

$$R = 1,307 A \cos \omega t + 0,2614 A \sin \omega t$$

Fig. 20 zeigt die sich aus diesen Gleichungen ergebende Schneid- bzw. Abtastbewegung.

Im Gegensatz zur stereofon bespielten Platte, bei der in dem gegebenen Beispiel der Abtastdiamant bei sich drehender Schallplatte in reiner Seitenschrift, d.h. parallel zur Plattenoberfläche geführt wird, durchläuft der Diamant bei der quadrafon bespielten Platte eine Ellipse, die sich bei drehender Platte in eine Art Korkenzieherbahn, hier allerdings mit unterschiedlichen Halbachsen, vollzieht.

**Beispiel 2:** Die vier für eine quadrofone Wiedergabe benötigten Mikrofone registrieren hauptsächlich nur den rückwärtigen oder auch indirekten Schall. Und zwar sei:

$$L_F = R_F = 0,2 A \cos \omega t$$

$$L_R = R_R = A \cos \omega t$$

Gesucht ist die Schneidbewegung des Stichels bzw. die Abtastbewegung des Diamanten.

Nach Gl. (34) wird unter Berücksichtigung der Gl. (42), (43) und (44):

$$L = 0,924 \cdot 0,2 A \cos \omega t - 0,924 A \sin \omega t + 0,383 \cdot 0,2 A \cos \omega t - 0,383 A \sin \omega t$$

$$L = 0,2614 A \cos \omega t - 1,307 A \sin \omega t$$

Für die in die  $R$ -Richtung fallende Stichelbewegung wird mit Gl. (35):

$$R = 0,924 \cdot 0,2 A \cos \omega t + 0,924 A \sin \omega t + 0,383 \cdot 0,2 A \cos \omega t + 0,383 A \sin \omega t$$

$$R = 0,2614 A \cos \omega t + 1,307 A \sin \omega t$$

Fig. 21 zeigt die sich ergebende Schneidbewegung.

**Beispiel 3:** Die Schallquelle befinde sich links von der Mikrofonanordnung unter einem Winkel von  $90^\circ$ . Damit seien die Mikrofon-signale wie folgt gegeben:

$$L_F = L_R = A \cos \omega t$$

$$R_F = R_R = 0,2 A \cos \omega t$$

Gesucht ist wieder die Schneidbewegung des Stichels bzw. die Abtastbewegung des Diamanten.

Nach Gl. (34) wird:

$$L = 0,924 A \cos \omega t - 0,924 A \sin \omega t + 0,383 \cdot 0,2 A \cos \omega t - 0,382 \cdot 0,2 A \sin \omega t = A \cos \omega t - A \sin \omega t$$

$$R = 0,924 \cdot 0,2 A \cos \omega t + 0,924 \cdot 0,2 A \sin \omega t + 0,383 A \cos \omega t + 0,383 A \sin \omega t = 0,568 A \cos \omega t + 0,568 A \sin \omega t$$

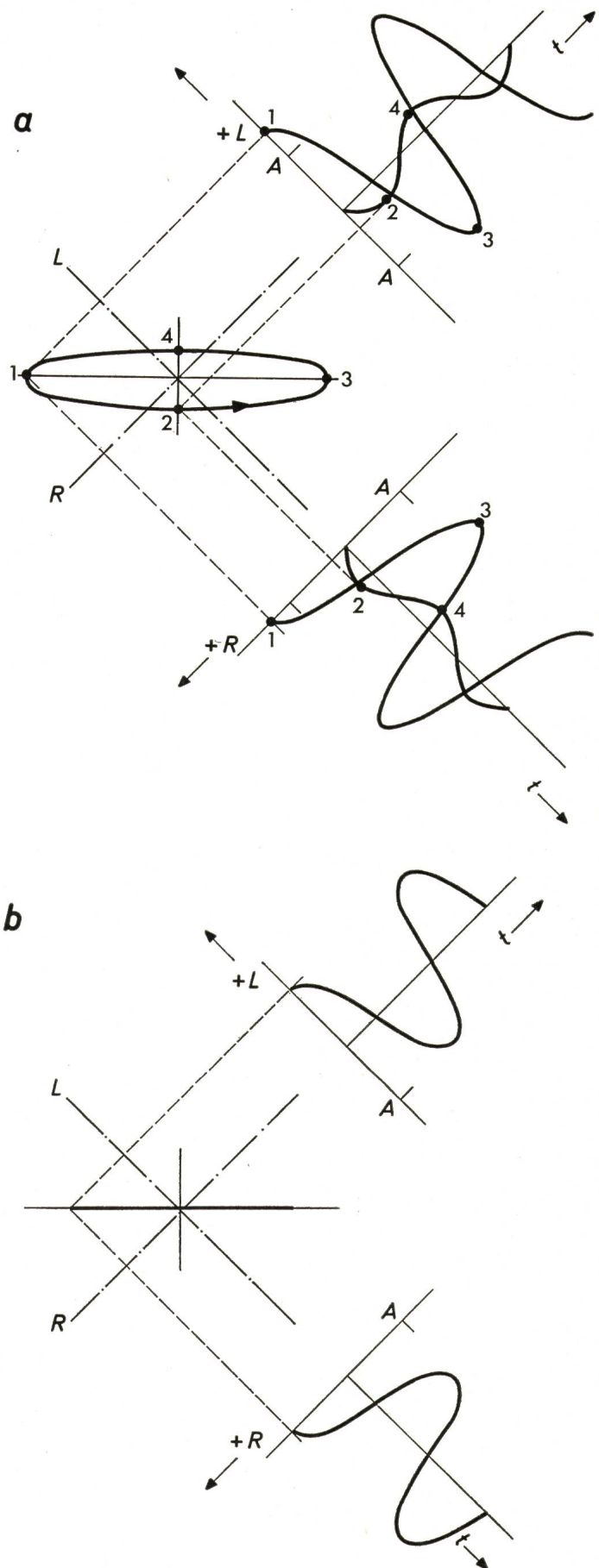


Fig. 20  
Abtastbewegung des Diamanten bei gegebenem Beispiel

a bei einer quadrafon bespielten Platte

b bei einer stereofon bespielten Platte

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 18



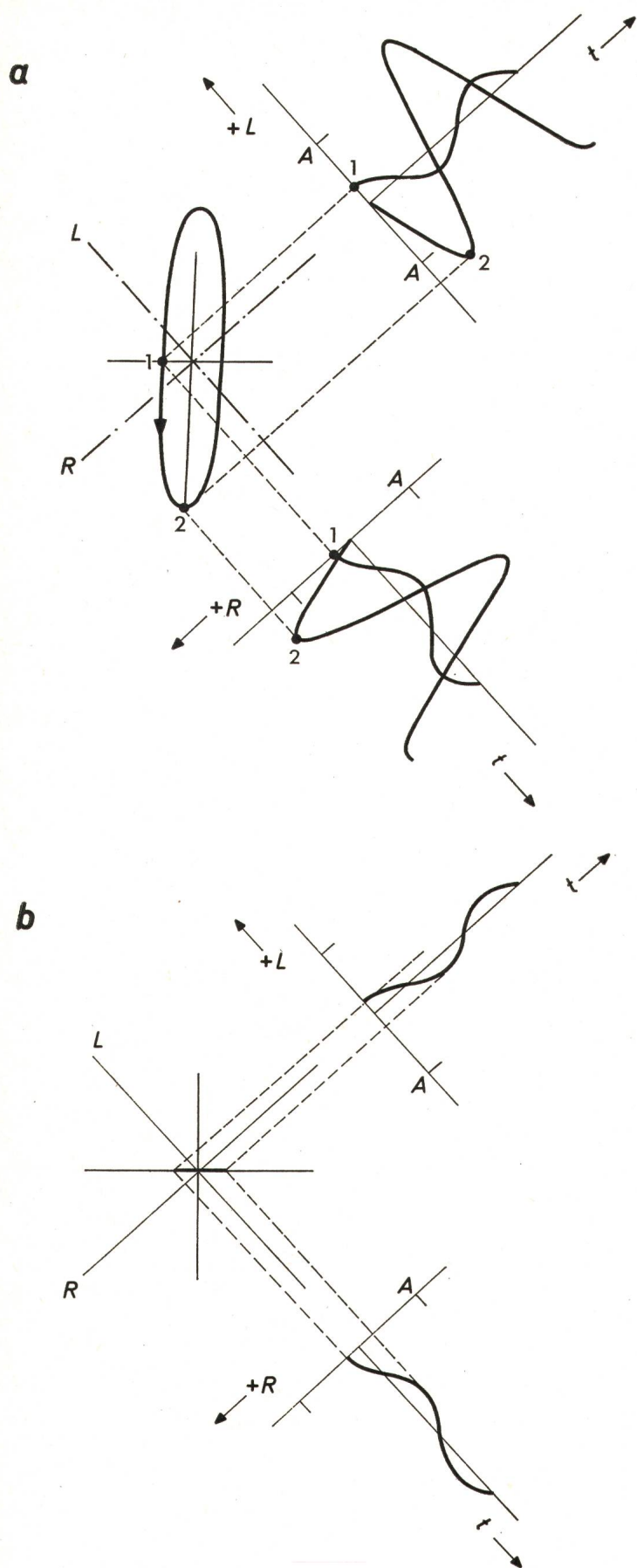


Fig. 21  
Abtastbewegung des Diamanten bei gegebenem Beispiel  
a bei einer quadrofon bespielten Platte  
b bei einer stereofon bespielten Platte  
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 18

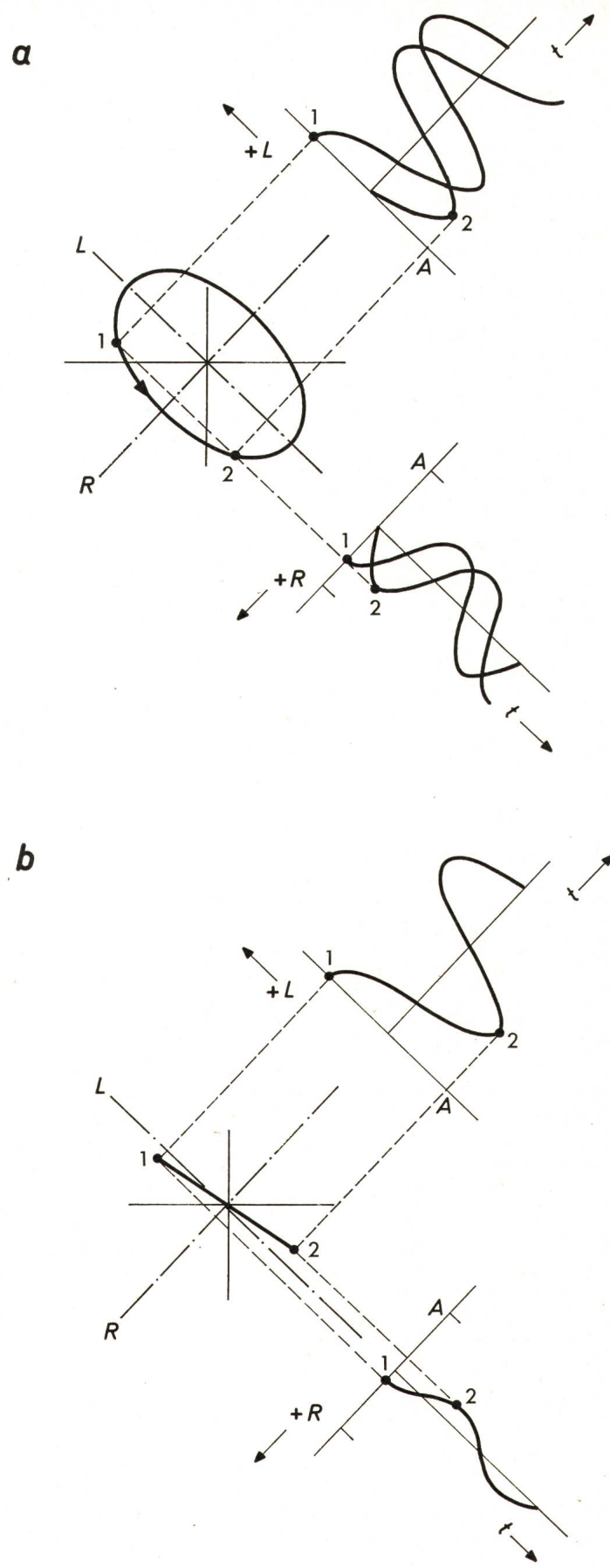


Fig. 22  
Abtastbewegung des Diamanten bei gegebenem Beispiel  
a bei einer quadrofon bespielten Platte  
b bei einer stereofon bespielten Platte  
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 18



Fig. 22 zeigt die Abtastbewegungen.

Der Abtastdiamant durchläuft, wenn nur die Querschnittsebene der Rille betrachtet wird, eine elliptische Bahn, deren Halbachse sich für das beschriebene Beispiel zu  $L \triangleq 1,414 A$  und  $R \triangleq 1,414 \cdot 0,568 A = 0,8 A$  berechnen. Dreht sich dagegen die Platte, so wird der Diamant durch die Form des

Rillenschnittes in eine mehr korkenzieherähnliche Bahn gezwungen.

#### 5.2.4 Komponenten der Stichelbewegung

Abschliessend seien die in Abschnitt 5.2.2 erhaltenen elliptischen Stichelbewegungen in ihre Komponenten zerlegt. Zu diesem Zweck werden folgende Sonderfälle betrachtet:

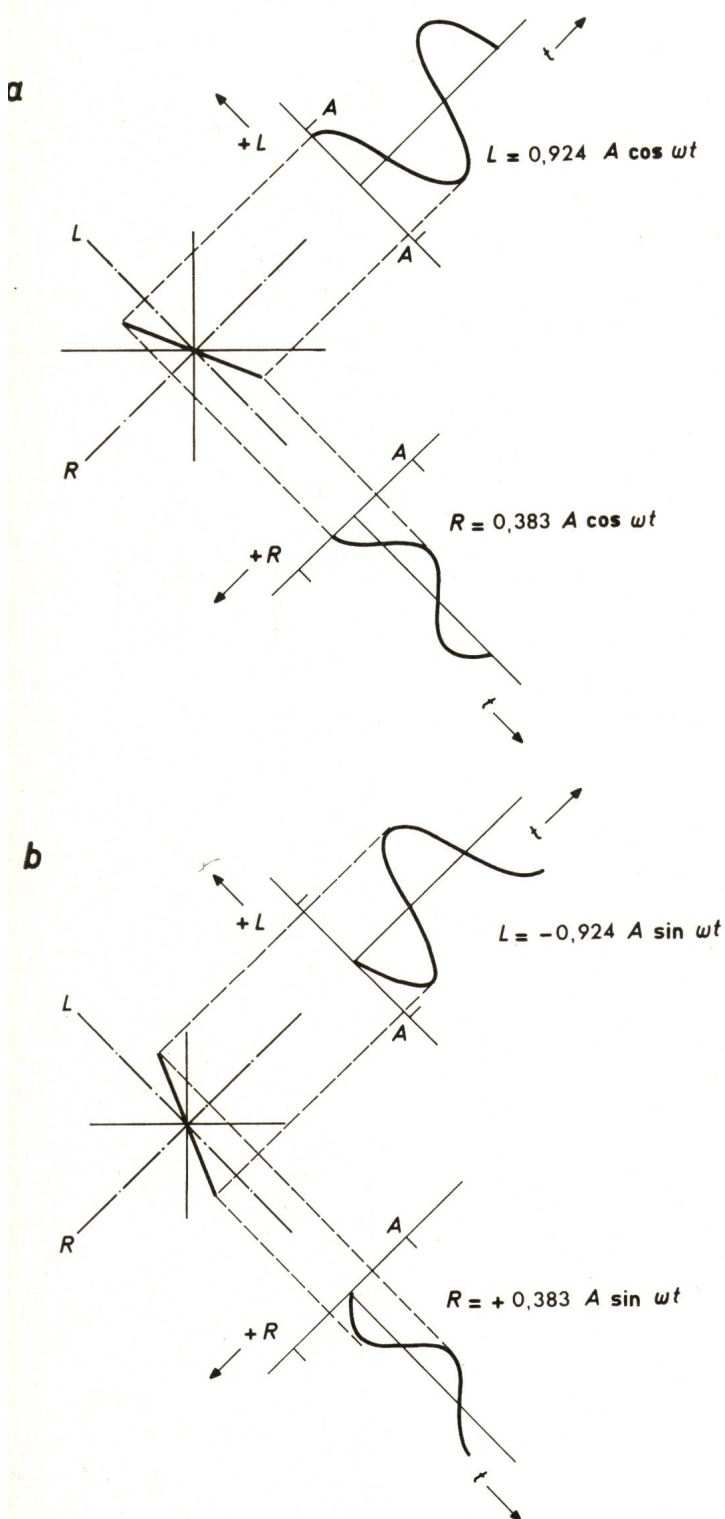


Fig. 23 a+b  
Komponenten der Stichelbewegung

- a  $L_F = A \cos \omega t$   
 $L_R = R_F = R_R = 0$
- b  $L_R = A \cos \omega t$   
 $L_F = R_F = R_R = 0$

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 18

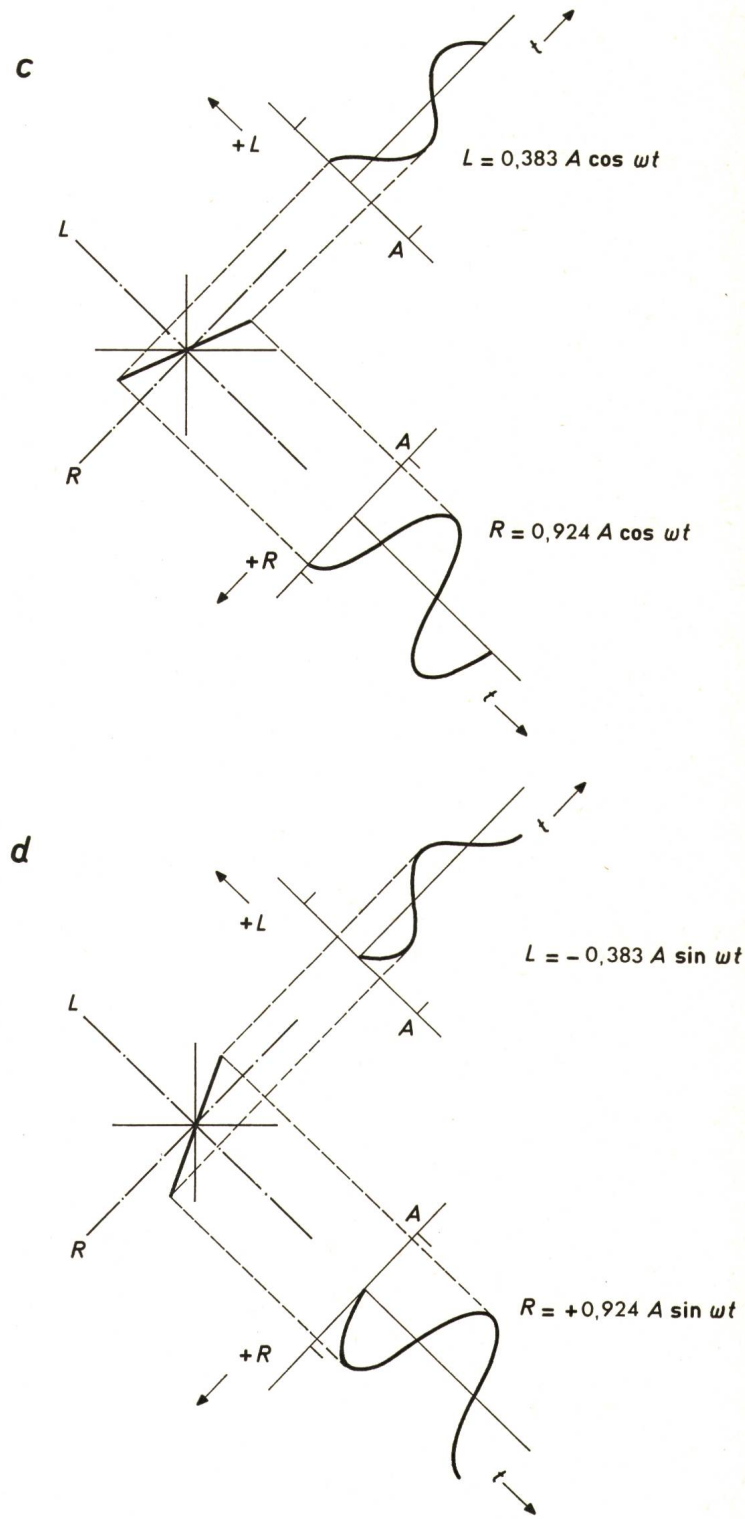


Fig. 23 c+d  
Komponenten der Stichelbewegung

- c  $R_F = A \cos \omega t$   
 $L_F = L_R = R_R = 0$
- d  $R_R = A \cos \omega t$   
 $L_F = R_F = L_R = 0$

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1 und 18

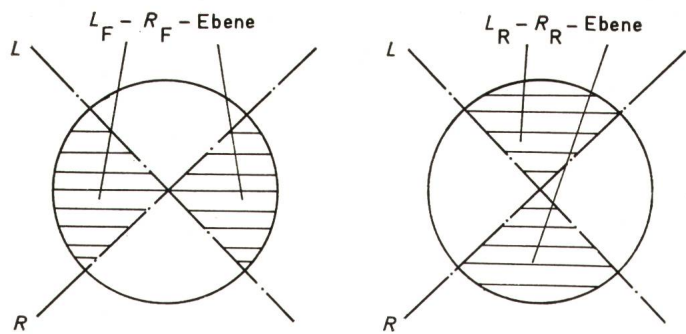


Fig. 24  
 $L_F - R_F$ -Zone und  $L_R - R_R$ -Zone einer Schallplattenrinne  
 Bezeichnungen siehe Fig. 1

Von den insgesamt vier Aufnahmemikrofonen liefert jeweils nur ein einziges eine Signalspannung an die Schneidmaschine. Die sich mit Hilfe der Gl. (34) und (35) ergebenden Bewegungen sind in Fig. 23 zusammengestellt. Man erkennt, dass die zu jedem Kanal gehörige Bewegung sich in einer Ebene vollzieht. Und zwar könnte man rein formal die Querschnittsebene der Schallplattenrinne aufteilen in eine Zone, die die beiden Frontsignale  $R_F$  und  $L_F$  beherbergen, und eine Zone, die den beiden Rücksignalen  $R_R$  und  $L_R$  zugeordnet ist.

In der Praxis liefern natürlich alle vier Mikrofone einen Beitrag zum Klangbild und somit zu den Übertragungskanälen  $L$  und  $R$ . Wegen der beiden  $90^\circ$ -Phasenschieber im Encoder (vgl. Fig. 15), wodurch aus der ursprünglich cosinusförmig angenommenen Zeitabhängigkeit des Signals eine sinusförmige mit positiven oder negativen Vorzeichen wird, setzen sich diese in Fig. 23a...d gezeigten Bewegungskomponenten zu einer elliptischen Bahn zusammen. Dabei fällt die Hauptachse dieser Ellipse je nach dem Verhältnis des Frontsignals zum Rücksignal mehr oder weniger in die Richtung der Vertikalen oder Horizontalen, wie Fig. 24 schematisch andeutet.

#### Literatur

- [1] H. Williges: Quadrophonie — ja oder nein? Funktechnik 26(1971)16, S. 587...589 + Nr. 17 S. 635...638.
- [2] W. Hardt: Mehrkanal-Stereofonie-Quadrophonie-Ambiofonie. Funkschau 43(1971)12, S. 365...368 + Nr. 13, S. 419...420.
- [3] W. Hardt: Quadrophonie von der Schallplatte. Funkschau 43(1971)21, S. 693...695.
- [4] G. P. Lackner und A. Dawidowicz: Echte Vierkanal-Hi-Fi-Stereofonie mit Schallplatten. Funkschau 42(1970)22, S. 790...791.
- [5] H. Schiesser: Vier-Kanal-Tontechnik. Funktechnik 26(1971)2, S. 47...50.
- [6] Vier-Kanal-Schallplattenverfahren «CD-4». Funktechnik 26(1971)3, S. 93.
- [7] SQ — ein neues Quadrophonie-Schallplattensystem. Funktechnik 26(1971)16, S. 590.

#### Adresse des Autors:

Prof. Dr.-Ing. W. Henne, Haferstrasse 20d, Haunstetten, D-89 Augsburg.

## Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

### 38. Haupttagung vom 18. bis 30. Juni 1973 in München

#### CE 4, Turbines hydrauliques

An den Tagungen des CE 4 nahmen 67 Delegierte aus 22 Ländern teil. Die Schweiz war mit 4 Mitgliedern des FK 4 vertreten und weitere 3 Delegierte beteiligten sich an Sitzungen der insgesamt 12 in München tätigen Arbeitsgruppen. Der Vorsitzende des FK 4, Prof. Gerber, musste aus gesundheitlichen Gründen leider von der Teilnahme absehen.

Die wichtigsten Beschlüsse können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Die Regeln über Abnahmeversuche an Modell-Speicherpumpen wurden nach Klärung der beanstandeten Punkte genehmigt, so dass diese Regeln nun veröffentlicht werden können.

2. Die Entwürfe der Arbeitsgruppen zur Aufstellung von Regeln über «Inbetriebnahme, Betrieb und Unterhalt von Wasserturbinen», ferner der Regeln über die «Anwendung der thermodynamischen Messmethode bei Abnahmeversuchen», sowie der Richtlinien über «Reguliersysteme» gelangen unter der 6-Monats-Regel zur Verteilung.

3. Die Arbeitsgruppe «Kavitation» erhielt nach langen Diskussionen neue Weisungen, so dass ein bereinigter Entwurf bis 31. Dezember 1974 vorgelegt werden kann.

4. Die Arbeitsgruppen, welche sich mit der Revision der Publikationen 41, Abnahmeversuche an Wasserturbinen, und 198, Abnahmeversuche an Speicherpumpen, befassen, haben ihre Entwürfe bis 31. Dezember 1974 an das Sekretariat einzugeben, damit anschliessend bis 31. Dezember 1975 ein kombinierter Regelentwurf ausgearbeitet werden kann.

W. Meier

#### CE 12, Radiocommunications

Das CE 12 tagte unter dem Vorsitz seines Präsidenten F. Dumat (Frankreich) am 29. Juni 1973 in München. Als Sekretär amtierte wie bisher E. Mahler (Niederlande). An der Sitzung nahmen 36 Abgeordnete aus 15 Ländern und ein Beobachter von CCIR teil.

Die Traktandenliste, Dokument 12(Bureau Central)231, wurde ohne Änderung oder Zusatz gutgeheissen.

Die Berichte der SC 12A, SC 12B, SC 12D und SC 12F wurden vorgelegt und genehmigt. Verschiedene Dokumente, die von diesen Sous-Comités zur Zirkulation unter der 6-Monats-Regel vorgeschlagen waren, wurden anstandslos gutgeheissen. Die Ergebnisse der Versammlung des SC 12A sind in einem weiteren Bericht aufgeführt.

Als Folge der Sitzung des SC 12B, Sécurité, wurden drei Dokumente zur Genehmigung unter der 6-Monats-Regel eingereicht:

12B(Secrétariat)116, Condensateurs aux bornes des contacts d'un interrupteur d'alimentation.

12B(Secrétariat)118, Borne de terre de protection.

12B(Secrétariat)119, Exigences pour les plaques imprimées.

Punkte von besonderer Wichtigkeit, die in dem Arbeitsbereich des SC 12B bestehen:

**Tonfilmprojektoren.** Diese Geräte fallen in den Arbeitskreis von CEI 65/CEE 1. Wie mitgeteilt wurde, soll an einer Plenarsitzung der CEE erwogen werden, ob die Bearbeitung dieser Geräte aus der Publikation CEE 1 in die Publikation CEE 10 zu übertragen sei. Je nach Ergebnis der Diskussion bei der CEE wird die CEI dieses Ergebnis zu berücksichtigen haben.

**Arbeitsgruppe über Anforderungen bei der Konstruktion von Geräten.** Diese Arbeitsgruppe wird ihre Arbeit unter Berücksichtigung der in diesem Treffen gegebenen Richtlinien weiterführen. Das Sekretariat hat von England nach Finnland gewechselt. Die Anzahl der Mitglieder wird wahrscheinlich durch Dänemark und Frankreich erweitert werden.

**Antennen-Trennkapazitäten.** Im Zusammenhang mit den Anforderungen und der Anwendung von Antennen-Trennkapazitäten wurde es als notwendig erachtet, den Einfluss möglicher atmosphärischer oder ähnlicher Störungen zu untersuchen, die bei Dachantennen auftreten können. Anweisungen sollen vom