



# AUSLEGESCHRIFT 1 080 386

S 49022 VIII d/51f

ANMELDETAG: 11. JUNI 1956

BEKANNTMACHUNG  
DER ANMELDUNG  
UND AUSGABE DER

AUSLEGESCHRIFT: 21. APRIL 1960

## 1

Das Hauptpatent 1 051 100 betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Klängen für elektronische Musik, bei dem ein Originalspektrum nach dem Prinzip der Frequenzumsetzung unter Verwendung von Modulatoren und Demodulatoren mit Zusatzträgerwellen durch Verstimmung dieser Zusatzträger nach oben oder nach unten verschoben wird. Bei dieser Einrichtung treten metrische Verschiebungen auf, die durch Akzentuierung verschiedenartige rhythmische Struktur erhalten.

Die Erfindung will dieses Verfahren verbessern.

Erfindungsgemäß wird ein Frequenzumsetzer verwendet, der mehrere parallel geschaltete Demodulationsstufen enthält, die je nach Größe der Verstimmungsdifferenzen neue Komponenten in den Umsetzungsprodukten liefern.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist an Hand der Zeichnungen erläutert. Es bedeutet

Fig. 1 Ausgangsschaltung zur Durchführung des Verfahrens,

Fig. 2 Parallelaufteilung des Frequenzumsetzers in zwei Demodulationsstufen,

Fig. 3 Blockschaltbild einer Umsetzerkette,

Fig. 4 Zuführung der Trägerfrequenz  $\Omega_2$  über eine Bandschleife,

Fig. 5 und 6 Speicherung und Schichtung der Umsetzungsprodukte durch zwei parallel geschaltete Magnettongeräte,

Fig. 7 Speicherung und Schichtung der Umsetzungsprodukte durch zwei hintereinandergeschaltete Magnettongeräte,

Fig. 8 auf einem Tonband und einer Tonbandschleife aufgezeichnete Klangfolgen zweier parallel geschalteter Magnettongeräte.

In der Fig. 1 ist das ablaufende Tonband 1 des Magnettongerätes 2 in gleichmäßige Zeitabschnitte (gleich der Speicherzeit  $T_S$ ) eingeteilt. Die Speicherzeit ist

$$T_S = \frac{s}{v} \text{ (sec) ,}$$

dabei ist  $s$  der Abstand zwischen Aufnahmekopf 3 und Wiedergabekopf 4 in cm und  $v$  die Bandgeschwindigkeit in cm/sec. Im übrigen entspricht diese Schaltung einer bereits im Hauptpatent behandelten Schaltung. Die Schaltung nach der Fig. 1 wird nun erfindungsgemäß erweitert, indem der Frequenzumsetzer 5 mehrere parallel geschaltete Demodulationsstufen erhält. Ferner werden mehrere Frequenzumsetzer hintereinandergeschaltet (Frequenzumsetzernetzen); des weiteren wird die dem Demodulator zugeführte Trägerfrequenz  $\Omega_2$  nicht von einem Generator direkt entnommen, sondern unter Zwischenschaltung eines Magnettongerätes auf Band gesprochen und von diesem

## Verfahren zur Erzeugung von Klängen für elektronische Musik

Zusatz zum Patent 1 051 100

Anmelder:

Südwestfunk,

Baden-Baden, Hans-Bredow-Straße

Dr. Ludwig Heck und Fred Bürck, Baden-Baden,  
sind als Erfinder genannt worden

## 2

dem Demodulator zugeführt. An Stelle des Magnettongerätes 2 werden mehrere Magnettongeräte in Hintereinander- oder Parallelschaltung verwendet, welche verschiedene Speicherzeiten  $T_{S1}$ ,  $T_{S2}$ ,  $T_{S3}$  aufweisen. An Stelle eines einfach ablaufenden Tonbandes 1 können auch endlose Tonbandschleifen verwendet werden, die durch zwischengeklebte Weißbandabschnitte in aktive und passive Bandabschnitte eingeteilt werden.

Statt des Magnettongerätes 2 mit nur einem Wiedergabekopf 4 wird ein Magnettongerät mit mehreren Wiedergabeköpfen verwendet, die das Tonband 1 an örtlich versetzten Punkten gleichzeitig abtasten.

Im folgenden werden die dazu benötigten Schaltungen erläutert: Zunächst für den Frequenzumsetzer mit mehreren parallel geschalteten Demodulationsstufen.

Das Schaltbild gemäß Fig. 2 zeigt beispielsweise schematisch die Parallelaufteilung des Frequenzumsetzers 5 in zwei Demodulatorstufen. Den beiden Demodulatoren 6 und 7 werden die Trägerfrequenzen  $\Omega_{2a}$  und  $\Omega_{2b}$  zugeführt. Der Demodulator 6 besitzt daher die Verstimmung

$$\Delta \Omega_a = \Omega_1 - \Omega_{2a}$$

und der Demodulator 7 die Verstimmung

$$\Delta \Omega_b = \Omega_1 - \Omega_{2b}$$

gegenüber der gemeinsamen Trägerfrequenz  $\Omega_1$  des Modulators 8. Jede Frequenz  $\nu$ , die über den Regler 9 zugeführt wird, erfährt gleichzeitig eine Umsetzung in zwei voneinander verschiedene Frequenzen  $f_a$  und  $f_b$ .

Es entstehen nach der ersten Umsetzung die beiden Frequenzen

$$f_a = \nu + \Delta\Omega_a$$

$$f_b = \nu + \Delta\Omega_b$$

Durch die Iteration mittels des Magnetongerätes 2 erfolgt nach der Speicherzeit  $T_S$  eine zweite Umsetzung, wobei jede der beiden Frequenzen  $f_a$  und  $f_b$  wieder in zwei Frequenzen umgesetzt wird. Im Frequenzspektrum des zweiten Umsetzungsproduktes treten jedoch nur drei Komponenten auf, da zwei Frequenzen der vier Komponenten zusammenfallen. Es läßt sich nachweisen, daß bei jeder weiteren Umsetzung das Spektrum jeweils nur um eine Komponente erweitert wird. Das  $n$ -te Umsetzungsprodukt enthält  $n+1$  voneinander verschiedene Frequenzen.

Die Wirkungsweise der Schaltung wird durch folgende Zahlenbeispiele verdeutlicht:

Originalfrequenz	$\nu = 200$ Hz
Symmetrische Verstimmung nach oben und unten	$\begin{cases} \Delta\Omega_a = -10 \text{ Hz} \\ \Delta\Omega_b = +10 \text{ Hz} \end{cases}$
Verstimmungsdifferenz	$10 - 10 = 0$ Hz

Es entstehen durch Iteration über die beiden Demodulatoren 6 und 7 folgende Frequenzspektren:

Original	200				
1. Umsetzung	190	210			
2. Umsetzung	180	200	220		
3. Umsetzung	170	190	210	230	
4. Umsetzung	160	180	200	220	240

Die Umsetzungsprodukte erweitern sich also fächerartig zur Symmetriefrequenz 200 Hz.

Oder:

Originalfrequenz	$\nu = 200$ Hz
Unsymmetrische Verstimmung nach oben und unten	$\begin{cases} \Delta\Omega_a = -7 \text{ Hz} \\ \Delta\Omega_b = +11 \text{ Hz} \end{cases}$
Verstimmungsdifferenz	$11 - 7 = 4$ Hz

Durch Iteration über die beiden Demodulatoren 6 und 7 entstehen folgende Frequenzspektren:

Original	200				
1. Umsetzung	193	211			
2. Umsetzung	186	204	222		
3. Umsetzung	179	197	215	233	
4. Umsetzung	172	190	208	226	244

Die Umsetzungsprodukte erweitern sich auch hier fächerförmig, die Verbreiterung erfolgt jedoch nicht mehr symmetrisch zur Frequenz 200 Hz, da die Symmetriefrequenz um den Wert der unsymmetrischen Verstimmungsdifferenz von 4 Hz nach oben wandert. Sie liegt bei diesen Beispielen in der Nähe der Originalfrequenz, da sich in diesem Gebiet viele gleiche Komponenten ergeben, die sich überlagern. Besteht die Originalmodulation nicht aus einem Sinuston, sondern bereits aus einem ganzen Spektrum, so gilt für jede Komponente dieses Spektrums die gleiche Gesetzmäßigkeit.

Oder:

Originalfrequenz	$\nu = 200$ Hz
Unsymmetrische Verstimmung nach unten	$\begin{cases} \Delta\Omega_a = -10 \text{ Hz} \\ \Delta\Omega_b = -20 \text{ Hz} \end{cases}$
Verstimmungsdifferenz	$20 - 10 = 10$ Hz

Durch Iteration über die beiden Demodulatoren 6 und 7 entstehen folgende Frequenzspektren:

Original	200
1. Umsetzung	180 190
2. Umsetzung	160 170 180
3. Umsetzung	140 150 160 170
4. Umsetzung	120 130 140 150 160

Oder:

Originalfrequenz	$\nu = 200$ Hz
Unsymmetrische Verstimmung nach oben	$\begin{cases} \Delta\Omega_a = +10 \text{ Hz} \\ \Delta\Omega_b = +20 \text{ Hz} \end{cases}$
Verstimmungsdifferenz	$20 - 10 = 10$ Hz

Durch Iteration über die beiden Demodulatoren 6 und 7 entstehen folgende Frequenzspektren:

Original	200
1. Umsetzung	210 220
2. Umsetzung	220 230 240
3. Umsetzung	230 240 250 260
4. Umsetzung	240 250 260 270 280

In den beiden letztgenannten Beispielen verbreitern sich die Frequenzspektren nur einseitig nach unten bzw. nach oben, wobei die Originalfrequenz  $\nu$  um den Wert der unsymmetrischen Verstimmungsdifferenz von 10 Hz nach unten bzw. nach oben wandert.

Bleibt in der Schaltung nach Fig. 2 der Regler 10 oder Regler 11 geschlossen, so ergeben sich, wie bereits in dem Hauptpatent beschrieben (vgl. dort Fig. 10), Klangfolgen, die eindeutig nach auf- bzw. absteigender Tonhöhe geordnet sind, je nach der Verstimmung der Frequenzumsetzer 5. Man kann somit durch Bedienung der Regler 10 und 11 wahlweise auf- oder absteigende Tonfolgen erzeugen.

Ferner läßt sich in einer entsprechenden Schaltung mit Tief- und Hochpässen ein Frequenzspektrum, welches z. B. bis ins Ultraschallgebiet reicht, durch Hintereinanderschaltung mehrerer Frequenzumsetzer (Frequenzumsetzernetzen) in aufeinanderfolgenden Stufen auf einen beliebig schmalen niederfrequenten Bereich abbauen. Die Fig. 3 zeigt beispielsweise das Blockschaltbild einer solchen Umsetzernetze, die eingezeichneten Spektren erläutern schematisch den physikalischen Vorgang. Alle Frequenzumsetzer 12, 13, 14 und 15 besitzen die gleiche Verstimmung  $\Delta\Omega$ , weiterhin ist die obere Grenzfrequenz der Tiefpässe 16, 17, 18 und 19 gleich der unteren Grenzfrequenz der Hochpässe 20, 21, 22 und 23 gleich  $\Delta\Omega$ . Das Originalspektrum (s. Fig. 3, rechts unten) wird durch jeden Frequenzumsetzer 12 bis 15 um denselben Betrag  $\Delta\Omega$  nach den unteren Frequenzbereichen verschoben, dabei treten vor der ersten Umsetzung und nach jeder Umsetzung Restprodukte  $A, B, C, D$  und  $E$  mit den Frequenzen  $f_0 - f_1$  auf (s. die Punkte  $a, b, c, d$  und  $e$  der Fig. 3). Diese Restprodukte  $A$  bis  $E$  werden durch die Hochpässe 20 bis 23, die vor den Frequenzumsetzern 12 bis 15 eingeschaltet sind, aus der Kette ausgesiebt. An den Ausgängen der Tiefpässe 16 bis 19 und des Frequenzumsetzers 15 erscheinen daher die nach jeder Umsetzung entstehenden Restprodukte  $A$  bis  $E$  (s. Fig. 3, linke Hälfte). Die Kombination aus einem Hoch- und Tiefpaß stellt also eine Frequenzweiche dar, wobei die erste Frequenzweiche (Hochpaß 20, Tiefpaß 16) zur Ausfilterung des ersten Frequenzbereiches  $A$  des Originalspektrums dient. Hinter dem Tiefpaß 17 erscheint der Teil  $B$  des Originalspektrums,

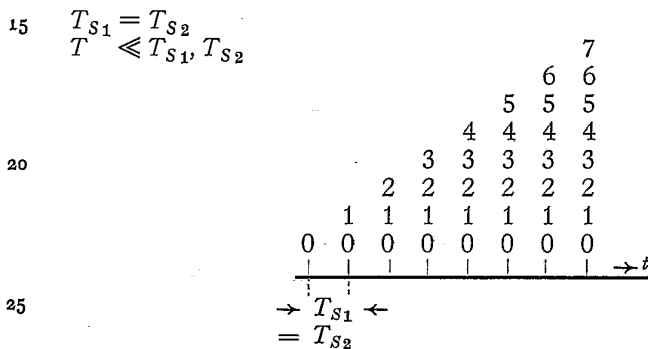
dessen Frequenzen  $f_1-f_2$  auf die Frequenzen  $f_0-f_1$  umgesetzt sind. Hinter dem Tiefpaß 18 erscheint das umgesetzte Frequenzband  $D$  des Originalklanges, also die Umsetzung der Frequenzen  $f_2-f_3$  auf die Frequenzen  $f_0-f_1$ . Wird z. B. ein Frequenzbereich 0 bis 50 000 Hz durch eine solche Kette auf den Frequenzbereich  $\Delta\Omega = 0$  bis 10 000 Hz abgebaut, so entstehen an den Ausgängen der vier Tiefpässe 16 bis 19, einschließlich des Endproduktes des letzten Frequenzumsetzers 15, fünf Spektren die Restprodukte  $A, B, C, D, E$  von jeweils 0 bis 10 000 Hz, die die Projektionen des Ultraschallgebietes in den Hörbereich darstellen. Man kann diese Spektren auf dem Tonband 24 eines Mehrspurmagnettongerätes oder auf einem anderen Speicher aufnehmen und von dort über eine Regelanlage mit Verstärkern, wie sie in jedem Rundfunkstudio üblich ist, zu neuen Klangbildern mischen. Man kann aber auch umgekehrt aus den fünf Magnettonspuren  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$  des Tonbandes 24 das Originalspektrum wieder erhalten. Zu diesem Zweck wird jeder einzelnen Tonspur  $\alpha$  bis  $\varepsilon$  ein Rückumsetzer 25, 26, 27 und 28 zugeordnet, der die Restprodukte  $B, C, D$  und  $E$  wieder in ihre natürliche Lage zurückumsetzt (s. Fig. 3, linke Seite). Der Vorteil der beschriebenen Schaltung besteht darin, daß sämtliche Frequenzumsetzer 12 bis 15 und Rückumsetzer 25 bis 28 sowie alle Hochpässe 20 bis 23 und Tiefpässe 16 bis 19 einheitliche Schaltelemente sind. Für die Rückumsetzer 25 bis 28 können die notwendigen Trägerfrequenzen durch Frequenzvervielfachung hergestellt werden, da für den  $n$ -ten Rückumsetzer eine Verstimmungsfrequenz von  $n \cdot \Delta\Omega$  notwendig ist. Das Verfahren kann auch auf die Frequenzen der Videosignale ausgedehnt werden.

Zur Erzeugung besonderer Klangeffekte kann aber bei der Rückumsetzung eine Vertauschung der Restprodukte auf dem Mehrspurmagnettongerät mit den zugeordneten Umsetzern vorgenommen werden, es können zur Rückumsetzung auch beliebige Verstimnungen gewählt werden. Der entstehende Klang enthält dann die Restprodukte des Originalklanges in einer beliebigen Verwürfelung.

Der Vorteil der Speicherung der dem Demodulator zugeführten Trägerfrequenz mit Hilfe eines Magnettongerätes liegt darin, daß die verschiedenen Trägerfrequenzen  $\Omega_2$  nicht von Hand an einem Generator eingestellt, sondern vorher auf Tonband niedergelegt werden. Die Fig. 4 zeigt beispielsweise schematisch eine Anordnung zur Durchführung dieses Verfahrens. Auf einer endlosen Tonbandschleife 29 werden die einzelnen Trägerfrequenzen  $\Omega_2$  vorher aufgezeichnet und über das Wiedergabegerät 30 dem Demodulator 31 zugeführt. Die den einzelnen Trägerfrequenzen  $\Omega_2$  zugeordneten Bandlängen sowie die zwischen ihnen liegenden inaktiven Bandlängen bestimmen Metrum und Takt der Umsetzungsprodukte. Durch das endlose Tonband 29 läßt sich die gewählte zeitliche Einteilung der Trägerfrequenzen  $\Omega_2$  und der zwischenliegenden Pausen beliebig oft wiederholen. Die Übergänge von einer Trägerfrequenz zur anderen erfolgen sprunghaft. Es treten daher keine Jauleffekte auf, die bei der Handbedienung der Tongeneratoren unvermeidlich sind.

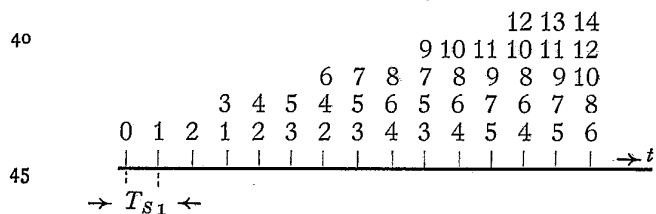
Eine vielfältige Variation der klanglichen und rhythmischen Struktur einer Tonfolge ist bei Verwendung mehrerer hintereinander- oder parallel geschalteter Magnettongeräte zur Speicherung möglich, wenn zur Iteration mehrere Magnettongeräte verschiedener Speicherzeit in Parallel- oder Hintereinanderschaltung verwendet werden.

Die Fig. 5 zeigt schematisch ein Beispiel für zwei parallel geschaltete Magnettongeräte 32 und 33. Der Wiedergabekopf 34 des Magnettongerätes 32 ist über den Frequenzumsetzer 5 auf den Regler 10 geschaltet, der Wiedergabekopf 35 des Magnettongerätes 35 führt dagegen direkt zum Regler 11. Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende: Der Originalklang soll die Dauer  $T$  besitzen; sie soll auf der Zeitachse durch einen Strich gekennzeichnet werden. Es ergeben sich folgende klangliche Aufschichtungen (die Produkte der ersten, zweiten, dritten usw. Frequenzumsetzung sind der Einfachheit halber durch die Ziffern 1, 2, 3 usw. gekennzeichnet):



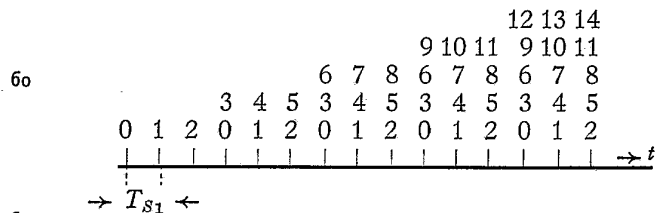
Die Schaltung stellt somit eine Methode dar, mit der sämtliche Umsetzungsprodukte eines Originalklanges der Dauer gleichzeitig zum Erklingen gebracht werden können.

Die Fig. 6 zeigt ein weiteres Beispiel für zwei parallel geschaltete Magnettongeräte 32 und 33, bei dem beide Wiedergabekanäle (Wiedergabeköpfe 34 und 35) über ein und denselben Frequenzumsetzer 5 geschaltet sind. Für  $T_{S2} = 3 T_{S1}$  und  $T \ll T_{S1}$  und  $T_{S2}$  ergibt sich folgende Klangfolge:



Es werden abwechselnd alle geraden und ungeraden Umsetzungsprodukte übereinandergeschichtet.

Die Fig. 7 zeigt schließlich ein Beispiel für zwei hintereinandergeschaltete Magnettongeräte 32 und 33. Der Wiedergabekopf 34 von Magnettongerät 32 und der Aufnahmekopf 36 des Magnettongerätes 33 liegen hier parallel am Eingang des Frequenzumsetzers 5. Für  $T_{S2} = 2 T_{S1}$  und  $T \ll T_{S1}$  und  $T_{S2}$  ergibt sich folgende Klangfolge:



Man erkennt folgendes Bildungsgesetz: Ist  $T_{S1}$  ein ganzzahliges Vielfaches von  $T_{S2}$  bzw. umgekehrt, so können die Umsetzungsprodukte in mannigfaltiger Art übereinandergeschichtet werden, da genau zu allen 70 Zeitpunkten  $t = n \cdot T_{S1}$  ( $n =$  ganze Zahl) die Um-

setzungsprodukte entstehen. Das ist jedoch nicht der Fall, wenn der Quotient  $T_{S_1}/T_{S_2}$  keine ganze Zahl bzw. kein einfacher Bruch ist. Es ergeben sich metrische Verschiebungen innerhalb der Klangfolgen, da die Umsetzungsprodukte nicht gleichzeitig, sondern mit zeitlicher Verschiebung nacheinander entstehen. Durch verschiedene Betonung der einzelnen Komponenten ergeben sich verschiedenartige Rhythmen.

Wird auf einem der beiden Magnettongeräte **32** bzw. **33** eine Bandschleife aufgelegt, die beispielsweise durch Weißbandunterbrechungen in aktive und passive Bandabschnitte unterteilt ist, so beeinflusst das Verfahren sowohl die klangliche als auch die rhythmische Struktur der Tonfolgen.

Das Magnettongerät **33** der Fig. 6 laufe beispielsweise mit einer aus aktiven und passiven Bandabschnitten bestehenden Bandschleife. Es sei  $T_{S_1}=4T_{S_2}$ . Nach Fig. 8 entstehen dann in der Schaltungsanordnung Fig. 6 einerseits die Klangfolge I auf den aktiven Bandabschnitten **37** der auf dem Magnettongerät **33** laufenden Bandschleife und andererseits die Klangfolge II auf dem Magnettongerät **33** und damit im Lautsprecher **38**.

Bei Verwendung eines Magnettongerätes mit mehreren Wiedergabeköpfen zur Speicherung wird an Stelle des Magnettongerätes **2** (Fig. 1) eine Spezialmaschine mit mehreren Wiedergabeköpfen verwendet, wie sie zur Erzeugung von künstlichem Nachhall und Echoeffekten benutzt wird. Dieser Fall ist identisch mit der Parallelschaltung von  $n$  Magnettongeräten, wenn  $n$  die Zahl der Wiedergabeköpfe der Spezialmaschine bedeutet. Es gelten damit auch die gleichen Gesetzmäßigkeiten, die in dem vorigen Abschnitt bei der Verwendung mehrerer Magnettongeräte in Parallelschaltung beschrieben sind.

Ganz allgemein kann für alle angeführten Beispiele gesagt werden, daß im Fall  $T \gg T_S$  die Umsetzungsprodukte über die gesamte Zeitdauer  $T$  erhalten bleiben. Es tritt eine Übereinanderschichtung der Umwandlungsprodukte auf, bei der die Periode  $T_S$  als metrisches Element nur sekundär in Erscheinung tritt und im allgemeinen Zusammenklang der Umsetzungsprodukte während der Zeitdauer  $T$  fast vollkommen verwischt wird. Es bilden sich tonale Schwerpunkte, deren Lage von der Amplitudenverteilung des Originalspektrums abhängt.

Die beschriebenen Schaltungen wurden versuchsweise aufgebaut und die Klangumwandlungsprodukte auf Magnettonband aufgenommen. Die klanglichen Ergebnisse stimmen mit den angeführten Überlegungen vollkommen überein. Die Versuche bezogen sich dabei in erster Linie auf die Hintereinander- und Parallelschaltung von zwei Magnettongeräten sowie auf die Anwendung einer Spezialmaschine mit acht Wiedergabeköpfen.

Als Originalklänge wurden in erster Linie Klänge der üblichen Musikinstrumente, aber auch Geräusche und Sprache benutzt. Es ist im allgemeinen zweckmäßig, diese Originalklänge auf Tonband aufzunehmen und sie über ein Magnettonwiedergabegerät **39** auf die Frequenzumsetzer **5** einzuspielen (Fig. 1, 2, 5, 6 und 7). Es ist natürlich ohne weiteres möglich, das Magnettonwiedergabegerät **39** zu vermeiden und ein Mikrophon **40** direkt zu schalten (Fig. 1). Von besonderem Interesse ist die Aufnahme des Originalklanges mittels eines Körperschallmikrophons, welches z. B. an einem Klavier, einem Schlagzeug oder an anderen Musikinstrumenten befestigt ist. Man kann die Klangumwandlung ohne Gefahr einer Rückkopplung mittels eines Lautsprechers **38** direkt in das Aufnahme-

studio einspielen. Damit wird beispielsweise das Klavier zu einem elektronischen Musikinstrument, dessen Spielweise und Klang durch die Verstimmung des Frequenzumsetzers und die vorstehend angedeuteten Veränderungsmöglichkeiten der Gesamtanordnung bedingt sind. Es können natürlich auch andere Mikrophone und alle anderen Arten von Schallquellen benutzt werden, sofern die Gefahr der Rückkopplung vermieden wird. Der Vorteil dieses Gerätes besteht darin, daß der Komponist in der Lage ist, die Produkte der Klangumwandlung sofort abzuhören und seine Kompositionen durch Niederlegung der Einstellungswerte festzulegen.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Erzeugung von Klängen, insbesondere für elektronische Musik nach Patent 1 051 100, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Frequenzumsetzer verwendet wird, der mehrere parallel geschaltete Demodulationsstufen enthält, die je nach der Größe der Verstimmungsdifferenzen neue Komponenten in den Umsetzungsprodukten liefern.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die dem Demodulator zugeführte Trägerfrequenz  $\Omega_2$  von einem Generator unter Zwischenschaltung eines Magnettongerätes auf Band aufgesprochen und dem Demodulator als Trägerfrequenz  $\Omega_2$  zugeführt wird.

3. Verfahren zur Erzeugung von Klängen nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Frequenzumsetzer hintereinandergeschaltet werden (Frequenzumsetzerketten), die ein beliebiges Frequenzspektrum, welches sich z. B. in das Gebiet des Ultraschalles oder auch in das Gebiet der Videofrequenzen erstrecken kann, auf ein vorgegebenes Spektrum, z. B. Hörspektrum, abbauen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß hinter jedem Frequenzumsetzer mittels Frequenzweichen, beispielsweise einer Zusammenschaltung von Hoch- und Tiefpässen, die Restprodukte abgenommen und auf getrennten Speichern, beispielsweise auf den einzelnen Spuren eines Mehrspurmagnettongerätes, aufgezeichnet werden.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aufgezeichneten Restprodukte über ein Mischpult geleitet und einzeln oder gemischt zu neuen Klangkombinationen verwertet werden.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aufgezeichneten Restprodukte durch einen Rückumsetzer wieder in einen beliebig höheren Frequenzbereich verschoben werden, wobei die Rückumsetzungsbereiche keineswegs mit dem ursprünglichen Originalklang übereinzustimmen brauchen.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß an Stelle eines Magnettongerätes zur Speicherung mehrere hintereinander oder parallel geschaltete Magnettongeräte mit verschiedenen Speicherzeiten verwendet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß an Stelle eines einfach ablaufenden Bandes endlose Bandschleifen verwendet werden, die aktive und passive Abschnitte enthalten.

9. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Speicherung ein

9

Magnetongerät (Iterationsmaschine) mit mehreren Wiedergabeköpfen verwendet wird.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Originalklang mittels eines Mikrophons üblicher Bauart oder mittels eines Körperschallmikrophons der Frequenzum-

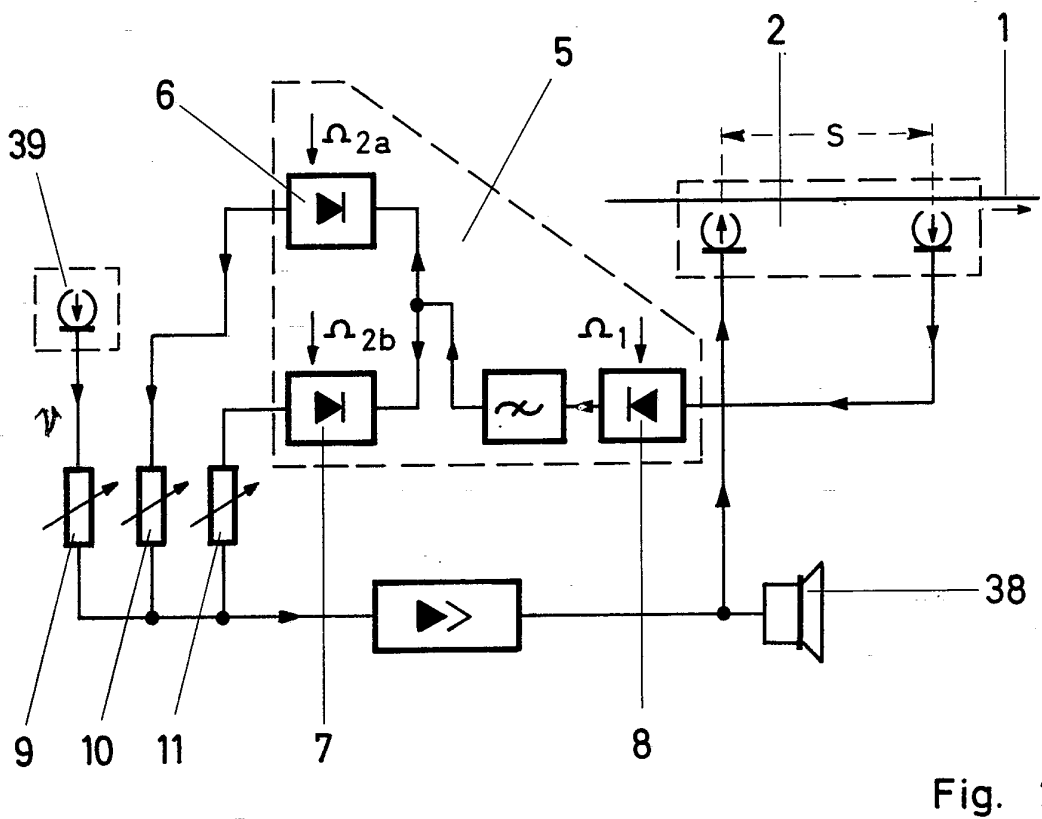
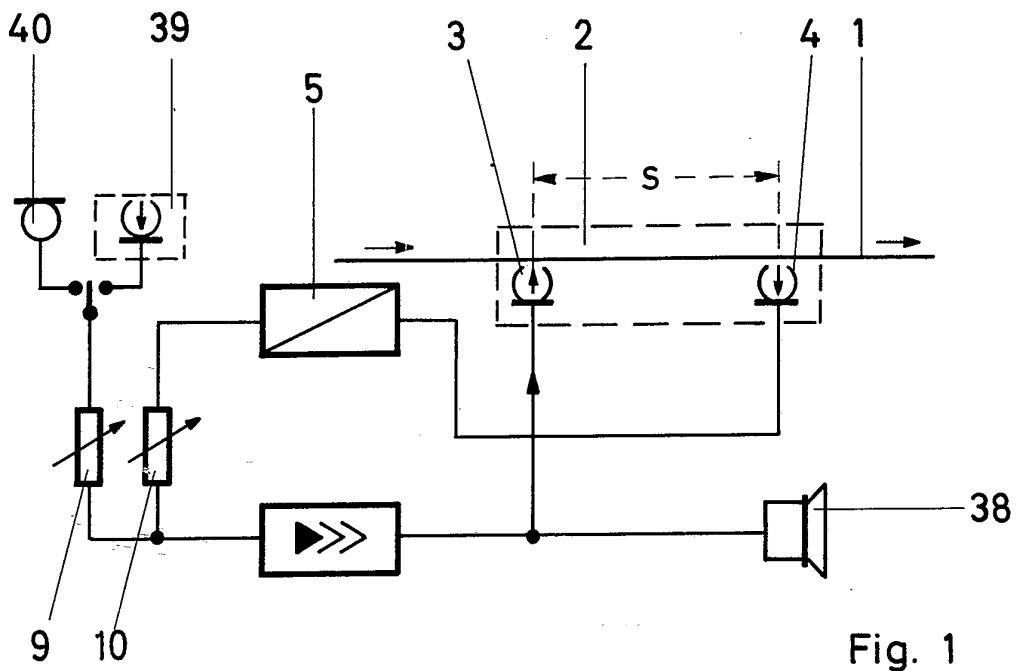
10

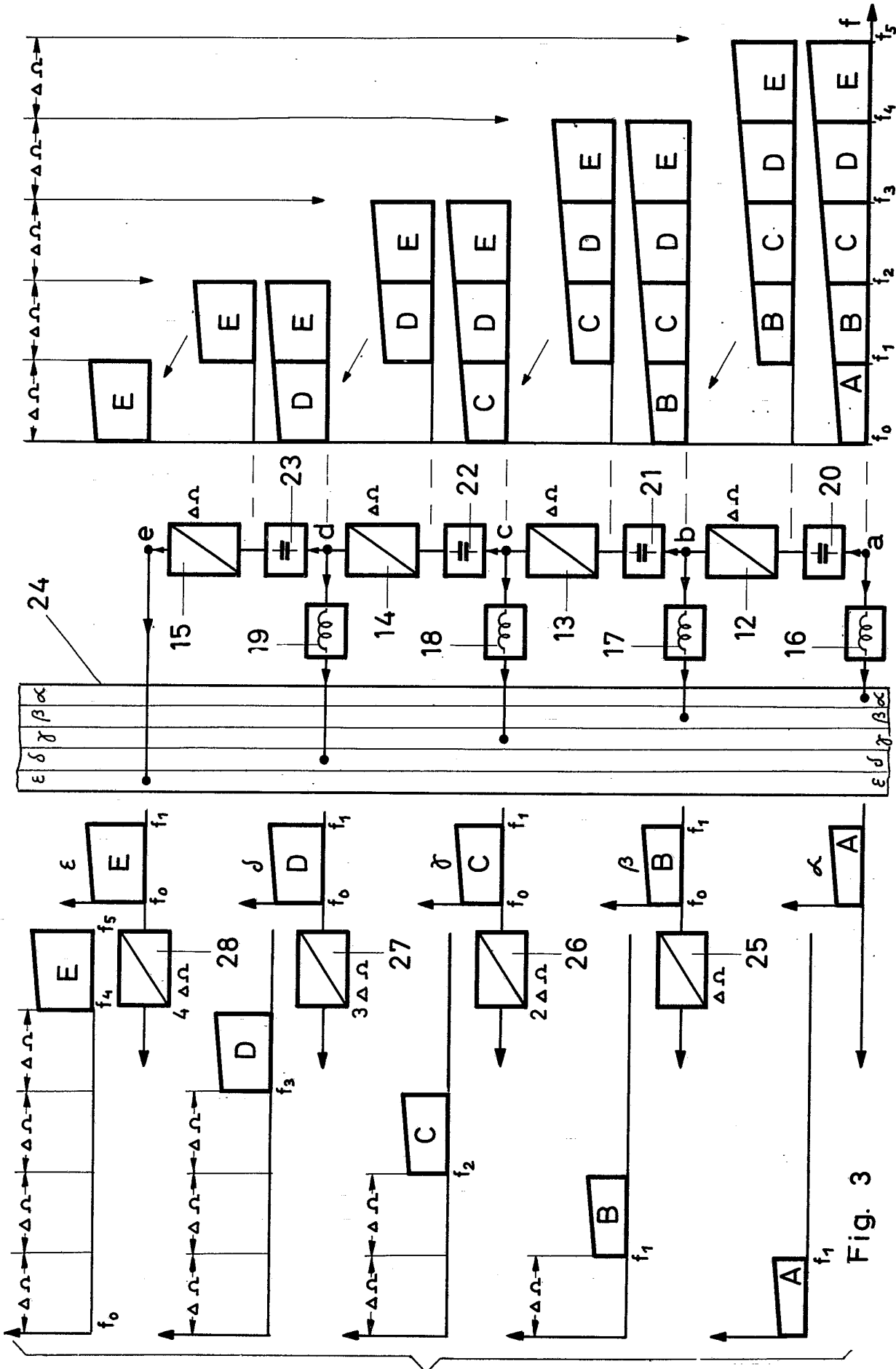
setzeranlage direkt zugeführt und die Umsetzungsprodukte durch Lautsprecher an den Aufnahmeort des Klages zurückgeführt werden, wobei durch die Änderung der Parameter der Frequenzumsetzeranlage Klangfolge und Klangfarbe beliebig geändert werden können.

---

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

---





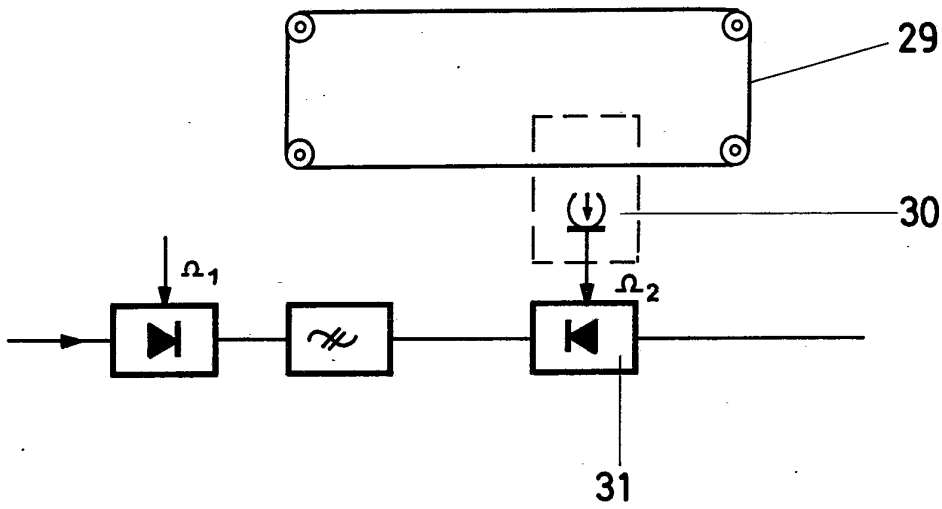


Fig. 4

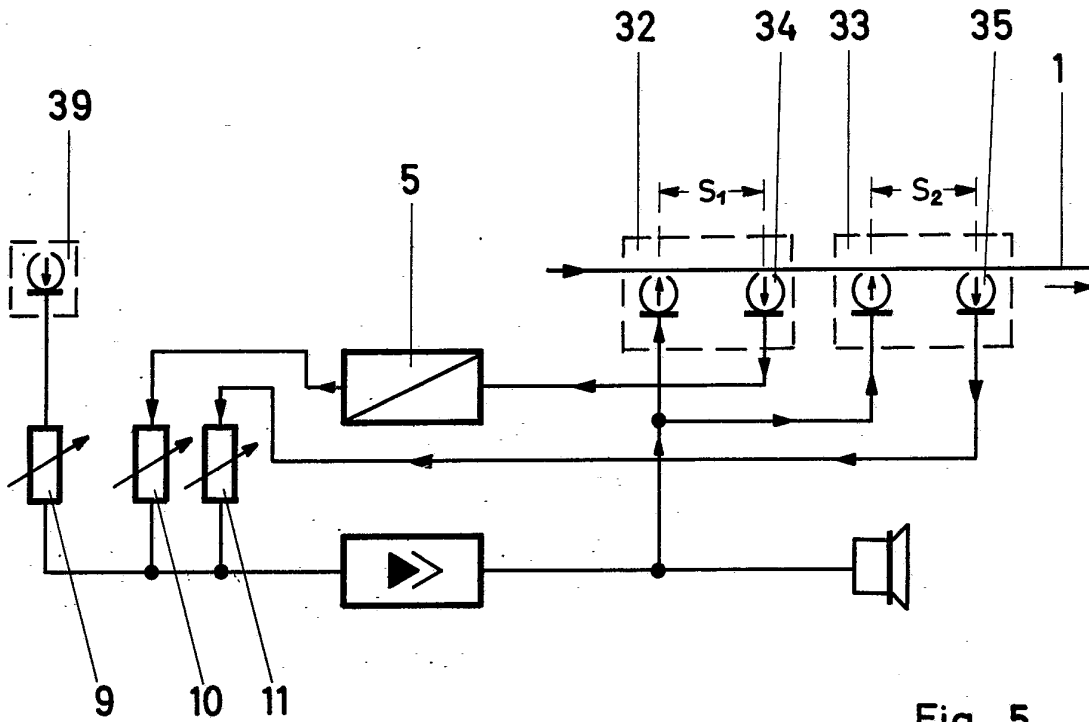


Fig. 5



