



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: G 11 B 3/10
G 11 B 21/20

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

645 744

⑳① Gesuchsnummer: 12610/78

⑦③ Inhaber:
Ray Milton Dolby, San Francisco/CA (US)

⑳② Anmeldungsdatum: 11.12.1978

⑳③ Priorität(en): 12.12.1977 US 859799
01.12.1978 US 965423

⑦② Erfinder:
Dolby, Ray Milton, San Francisco/CA (US)

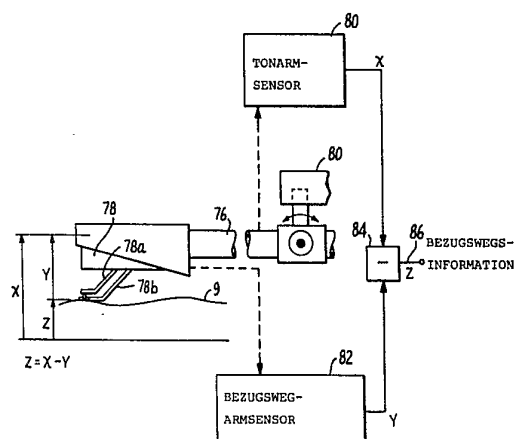
⑳④ Patent erteilt: 15.10.1984

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.10.1984

⑦④ Vertreter:
William Blanc & Cie conseils en propriété
industrielle S.A., Genève

⑤④ Schallplattenabspielgerät mit einem Plattenteller und einem Tonabnehmereinsatz.

⑤⑦ Das vorliegende Gerät weist eine Abtasteinrichtung mit einem Fühler (80) zur Anzeige des Abstands (X) des Tonarms (76) zu einer Bezugsebene, sowie einen Fühler (78a, 78b, 82) zur Anzeige des Abstands (Y) des Tonabnehmereinsatzes (78) zur Platte auf. Das Differenzsignal (Z) aus beiden Anzeigen ist ein im wesentlichen fehlerfreies Verwerfungs- und Rumpel-Fühlsignal (86) ohne Störung durch Arm/Tonabnehmereinsatz-Resonanz. Eine von der Abtasteinrichtung gesteuerte Betätigungseinrichtung bewirkt eine Relativbewegung zwischen Platte und Tonabnehmereinsatz zur Kompensation einer vertikalen Ablenkung der Platte am Ort des Tonabnehmereinsatzes.



PATENTANSPRÜCHE

1. Schallplattenabspielgerät mit einem Plattenteller und einem Tonabnehmereinsatz, gekennzeichnet durch eine Sensor-Vorrichtung (8 oder 18, 20, 22 oder 32, 34, 36 oder 80 oder 89 oder 78a oder 78b oder 82 oder 46, 48, 50 oder 56, 58 oder 64, 66, 68 oder 70, 72 oder 74, 234 oder 80, 82, 84 oder 104 oder 224) zur Bestimmung einer vertikalen Ablenkung einer auf dem Plattenteller angeordneten Platte, und durch eine von einem Signal der Sensor-Vorrichtung gesteuerte Betätigungseinrichtung (100 oder Fig. 11 oder Fig. 12 oder Fig. 13 oder Fig. 14A oder Fig. 14B oder Fig. 15A oder Fig. 15B) zur derartigen Relativbewegung zwischen Platte und Tonabnehmereinsatz, dass eine vertikale Ablenkung der Platte am Ort des Tonabnehmereinsatzes kompensiert wird.

2. Gerät gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungseinrichtung die Platte als Ganzes in vertikaler Richtung bewegt (Fig. 11 oder Fig. 12 oder Fig. 14A oder Fig. 14B).

3. Gerät gemäss Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungseinrichtung die Drehachse der Platte kippt, um die Platte am Ort des Tonabnehmereinsatzes im wesentlichen vertikal zu bewegen (Fig. 13 oder Fig. 15A oder Fig. 15B).

4. Gerät gemäss einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensor-Vorrichtung (8 oder 18, 20, 22, oder 32, 34, 36) eine vertikale Ablenkung der Platte, die in der unmittelbaren Nähe des Tonabnehmereinsatzes auftritt, relativ zu einem in der Vertikalen festgesetzten Bezugspunkt bestimmt.

5. Gerät gemäss einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensor-Vorrichtung einen Fühler (80 oder 89), der eine vertikale Ablenkung des Tonabnehmereinsatzes gegenüber einem festen Bezugspunkt abtastet, einen Tonabnehmereinsatzfühler (82 oder 78a oder 46, 48, 50 oder 56, 58 oder 64, 66, 68 oder 70, 72 oder 74, 234 oder 224), der eine vertikale Ablenkung des Tonabnehmereinsatzes relativ zur Platte abtastet, sowie eine Vorrichtung (84) enthält, um die Signale der beiden Fühler entgegengesetzt zu vereinigen, um ein Signal zu liefern, das eine vertikale Ablenkung der Platte am Ort des Tonabnehmereinsatzes kennzeichnet.

6. Gerät gemäss Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Tonabnehmereinsatz von einem Tonarm (24 oder 76) getragen ist und der Fühler ein Armfühler (80 oder 89) ist, der die senkrechte Ablenkung des Tonarms abtastet.

7. Gerät gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Tonabnehmereinsatz während der Wiedergabe in der Vertikalrichtung im wesentlichen fixiert ist und sich nur lateral relativ zur Platte bewegen kann.

8. Gerät gemäss einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensor-Vorrichtung eine Vorrichtung (82 oder 224) aufweist, welche die senkrechte Ablenkung der Platte relativ zum Tonabnehmereinsatz abtastet, wobei eine kompensierende, mechanische (222 oder 230, 232 oder 278, 234) oder elektrische Kupplung (222 oder 248) zumindest teilweise von dem Tonabnehmereinsatz gelieferten tonfrequenten Signal die Auswirkungen von senkrechten Ablenkungen der Platte relativ zum Tonabnehmereinsatz bei Frequenzen entfernt, die höher als die Frequenzen sind, mit denen die Betätigungseinrichtung arbeitet, um eine senkrechte Ablenkung der Platte am Ort des Tonabnehmereinsatzes möglichst zu beseitigen.

9. Gerät gemäss einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der Tonabnehmereinsatz mit einem Abtaststift versehen ist, um ein tonfrequentes Signal zu liefern, das die Rillenmodulation einer Platte wiedergibt, gekennzeichnet durch eine Fühlervorrichtung (46, 48, 50 oder 56, 58 oder 66, 64, 68 oder 70, 72, oder 74, 234), die vom Tonabnehmereinsatz getragen wird, um einen unmodulierten Teil der Platte in unmittelbarer

Nähe des Abtaststiftes abzutasten.

10. Gerät gemäss Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fühlervorrichtung ein zweiter Abtaststift (56, 58 oder 66, 64 oder 70, 72 oder 74, 234) ist.

11. Gerät gemäss Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Fühlervorrichtung ein photoelektrischer Fühler (46, 48, 50) ist.

12. Gerät gemäss einem der Ansprüche 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Fühlervorrichtung (46, 48, 50 oder 66, 64 oder 70, 72 oder 74, 234) auf dem Tonabnehmereinsatz befestigt ist, um Stege der Platte (9) zwischen deren Rillen abzutasten.

13. Gerät gemäss Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Abtaststift (56) so ausgebildet ist, dass er in einer Kontrollrinne (52) reitet, die in den Stegen der Platte (9a) angeordnet ist.

14. Gerät gemäss einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Fühlervorrichtung nur einen oder beide Stegbereiche abtastet, die unmittelbar neben jener Rinne liegen, in die der Abtaststift eingreift.

15. Gerät gemäss einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Fühlervorrichtung einen oder mehrere Stegbereiche abtastet, die radial ausserhalb jener Rinne liegen, in die der Abtaststift eingreift.

16. Gerät gemäss einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Fühlervorrichtung einen am Umfang relativ zum Abtaststift voreilenden Punkt abtastet.

17. Gerät nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 5–16, dadurch gekennzeichnet, dass die Betätigungseinrichtung in Abhängigkeit von dem Signal der Sensorvorrichtung auf den Tonabnehmereinsatz einwirkt, um vertikale Ablenkungen der Platte auszugleichen, wobei dieses Signal von einem vertikal festgehaltenen Fühler (8 oder 18, 20, 22 oder 32, 34, 36) oder als Differenzsignal von einem ersten Fühler (80 oder 89), der eine vertikale Ablenkung des Tonabnehmereinsatzes abtastet, und einem zweiten Fühler (82 oder 78a oder 46, 48, 50 oder 56, 58 oder 64, 66, 68 oder 70, 72 oder 74, 234 oder 224) bereitgestellt wird, der vertikale Ablenkungen der Platte relativ zum Tonabnehmereinsatz abtastet, wodurch bei beiden Varianten das Signal der Sensor-Vorrichtung eine vertikale Ablenkung der Platte relativ zu einer Bezugsebene kennzeichnet.

Die Erfindung hat ein Schallplattenabspielgerät zum Gegenstand, wie es im Patentanspruch 1 beschrieben ist. (Kommerziell hergestellte Schallplatten zeigen verschiedene mechanische Unvollkommenheiten, und weitere Unvollkommenheiten des Systems ergeben sich aus den mechanischen Einrichtungen, die zur Wiedergabe der Aufzeichnung verwendet werden. Die Erfindung betrifft eine Kategorie von Unvollkommenheiten eines Plattenwiedergabesystems: Unechte vertikale Erhebungen der Plattenrinne, die hauptsächlich aus einem Verziehen der Platte und Rumpel, einschliesslich Plattenpressrauschen resultieren. Solche Unvollkommenheiten können eine erhebliche Verschlechterung des wiedergegebenen Signals verursachen.

Eine allgemeine Diskussion des Plattenverziehs oder -verwerfs ist enthalten in «Record Warps and System Playback Performance» von Larry Happ und Frank Karlov in «Journal of the Audio Engineering Society», Band 24, Nr. 8, Oktober 1976, S. 630–638. Die Autoren fanden auf das Plattenverziehen zurückzuführende Frequenzen im Bereich von etwa $\frac{1}{2}$ Hz (die Frequenz entsprechend einer Umdrehung bei $33\frac{1}{3}$ U/min) bis jenseits von 10 Hz, wobei 95% der Verziehsignale unterhalb von 8 Hz lagen. Die körperliche Spitzenam-

plitudenhöhe der Verwerfungen war am grössten bei niedrigen Frequenzen bei etwa 0,025» (0,64 mm) Maximum und verringerte sich mit wachsender Frequenz.

Verschiedene Probleme werden durch Plattenverwerfen verursacht: Der Tonarm kann durch die vertikalen, und in gewissen Ausmass lateralen Kräfte, die resultieren, wenn die Nadel versucht, der variierenden Aufzeichnungshöhe zu folgen, mit Bezug auf die Plattenoberfläche hüpfen oder schwingen. Das kann nicht nur Variationen in der Nachlaufkraft verursachen, sondern auch eine Bodenberührung des Tonabnehmereinsatzes oder einen vollständigen Verlust des Kontaktes zwischen Nadel und Rille. Solche Abweichungen der Nachlaufkraft vom Optimalwert beeinflussen oft das wiedergegebene Signal bei hörbaren Frequenzen. Zusätzlich dazu, dass Nadel- und Arm-Nachlaufprobleme verursacht werden, resultieren übergrosse Nadelauslenkungen in geometrisch damit in Beziehung stehenden Verzerrungen und einer elektromechanischen Nichtlinearität des Tonabnehmereinsatzes. Darüber hinaus können Verwerfungssignale unterhalb der Hörgrenze Verzerrungen durch Verstärkerüberlastung in elektronischen Systemen verursachen, die solche niedrigen Frequenzen durchlassen, und, wenn sie dem Lautsprechersystem zugeführt werden, können sie eine erhebliche Bewegung des Tieftöners verursachen, die in fremden Geräuschen und einer Verzerrung von höherfrequenten hörbaren Signalen resultieren, einschliesslich Dopplerverzerrungen. Weiterhin ist die geometrische Beziehung von Nadel und Plattenrille so, dass eine Verwerfung in einer Vorwärts- und Rückwärts-Schwingung der Nadelspitze über die aufgezeichnete Rilleninformati-
on resultiert, und diese Frequenz moduliert (beschleunigt und verzögert) das wiedergegebene Signal, so dass Jaulen hervorgerufen wird. Jaulen kann sich auch aus Variationen der Drehgeschwindigkeit ergeben, wenn sich die Nadelbelastung auf der Plattenrille ändert.

Die Forderung, verworfenen Plattenaufzeichnungen befriedigend zu folgen, hat bei bekannten Systemen in der Notwendigkeit resultiert, die Geometrie Tonarm/Tonabnehmer/Nadel/Platte sehr sorgfältig zu beachten und die beste Kombination zu suchen, gewöhnlich ein Kompromiss von solchen Faktoren wie Nadel- und Tonarm-Masse, Tonarmdämpfung, Nadelnachgiebigkeit und -dämpfung, und Nachlaufkraft, um eine kontrollierte Tonarmresonanz oberhalb der gewöhnlich anzutreffenden Verwerfungsfrequenzen, aber unterhalb der Frequenz der niedrigsten aufgezeichneten Rilleninformati-
on zu erhalten. Eine Armresonanz von 10 Hz wurde von mehreren Konstrukteuren befürwortet: Keisuka Ikegami und Susumu Hoshimi, «Advance in Turntable and Tone-Arm Design» in «Journal of the Audio Engineering Society», Mai 1976, Band 24, Nr. 4, S. 276–280, und Peter Rother «The Aspects of Low-Inertia Tone-Arm Design» in «Journal of the Audio Engineering Society», September 1977, Band 25, Nr. 9, S. 550–559.

Wenn auch prinzipiell die zweckmässige Auswahl von Tonarm- und Tonabnehmereinsatz-Parametern das Verfolgen von verzogenen Platten möglich machen kann, so ist doch die Anpassung von Arm und Tonabnehmereinsatz in der Praxis oft kompliziert wegen der grossen Variationsbreite der verfügbaren Tonarme und Tonabnehmereinsätze. Weiterhin kann selbst in der Entwurfsstufe die Auswahl der optimalen Tonarm- und Tonabnehmereinsatz-Parameter zum Verfolgen von Verwerfungen nicht zum optimalen Resultat zum Abtasten höherfrequenter Rilleninformati-
on führen. Selbst wenn die Aufzeichnung richtig abgetastet wird, verbleibt doch das Problem des geometrischen und Motor-Jaulens aufgrund von Verwerfungen.

Verschiedene passive Geräte zum Abtasten verzogener Platten sind bekannt. Diese Geräte arbeiten typischerweise mit einem Element, das auf der Plattenoberfläche reitet und

am Tonabnehmereinsatz befestigt oder mit diesem gekoppelt ist oder mit dem Tonarm in der Nähe des Tonabnehmereinsatzes verbunden oder gekoppelt ist. Solche Geräte schliessen sowohl gedämpfte Elemente als auch ungedämpfte oder feste Elemente ein. Bekannte Geräte mit gedämpften Element sind beispielsweise in den US-Patentschriften 2 572 712 (federbelasteter Plunger) und 2 328 862 (elastisch montierte Hilfsnadel) beschrieben. Feste Elemente sind in den US-Patentschriften 3 228 700 (Filzkissen am Ende des Tonarms, wobei der Tonabnehmereinsatz im Tonarm schwenkbar ist) und 3 830 505 (Luftlager in der Nachbarschaft des Tonabnehmereinsatzes) beschrieben. Es ist auch bekannt, einen Stossdämpfer oder eine Bürste in der Nähe des Tonabnehmereinsatzes zu benutzen, um Schwingungen zu dämpfen und beim Verfolgen von Verwerfungen zu helfen. Weiter sind Vorschläge für ein relativ steifes Element bekannt, das den Tonarm mit der Plattenoberfläche kuppelt. Es ist auch vorgeschlagen worden, dass die Platte am Umfang und/oder in der Mitte geklemmt oder mit Gewicht belastet wird, um Verwerfungen zu eliminieren.

Ein aktives bekanntes System zur Behandlung von Plattenverwerfungen ist beschrieben in «Overcoming Record Warps and Low-Frequency Turntable Rumble in Phonographs» von Kenneth Clunis und Michael J. Kelly, «Journal of the Audio Engineering Society», Juli/August 1975, Band 23, Nr. 6, S. 450–458. Bei diesem System wird der Tonabnehmerausgang zur Servosteuerung der vertikalen Tonarmposition verwendet, um das Verfolgen der Aufzeichnungsverwerfung zu unterstützen. Ähnliche Systeme sind in den US-Patentschriften 3 623 734 und 3 830 505 beschrieben. Es ist auch bekannt, für eine geschlossene Schleife allein um die Tonarmbewegungen zu sorgen, um die Arm/Tonabnehmer-einsatz-Dämpfung zu verbessern. Aspekte der vorliegenden Erfindung können das Betriebsverhalten dieser bekannten Tonarmsysteme erheblich verbessern.

Plattenspieler-Rumpel kann sich aus den Plattentellerlagen, Motor-Antriebssystemen und Umgebungsvibrationen ergeben. Von den Herstellern von Plattenspielern werden erhebliche Anstrengungen unternommen, das Rumpel aus diesen Quellen zu eliminieren.

Weitere mit dem Plattenspieler in Beziehung stehende Störungen werden durch akustische Rückkopplung (im oder unterhalb des Schallbereichs) von den Lautsprechern verursacht, so dass der Plattenspieler und/oder die Platte als Empfänger für die Vibrationen wirkt, so dass sich eine Tonfärbung oder sogar ein Heulen ergeben. Geräte zur Reduzierung dieser Effekte sind beispielsweise eine mit Strömungsmittel gefüllte Plattenspielermatte (US-PS 3 997 174) und flexible Plattenspieler-Tragschüsseln (US-PS 4 054 291), die beide für eine sich anpassende, gedämpfte Unterstützung unter verzogenen Platten sorgen.

Trotz dieser Anstrengungen bleibt die Hauptquelle für niederfrequente Störungen das Plattenpress-Rumpel oder Formkornrauschen von der Platte selbst. Das Spektrum des Plattenpressrauschens wird diskutiert von John Eargle in «Performance Characteristics of the Commercial Stereo Disc» in «Journal of the Audio Engineering Society», August 1969, Bd. 17, Nr. 4, S. 416–422. Das Formkornrauschen kann sich allgemein bis zu mehreren Hundert Hz erstrecken.

Das Plattenpress-Rumpel und Plattenspieler-Rumpel werden üblicherweise durch Hochpassfilter in den Signalwegen reduziert. Optimale Tonarm/Tonabnehmereinsatz-Resonanzcharakteristiken sind ebenfalls brauchbar beim Reduzieren von niederfrequenten Rumpel-Effekten.

Die bekannte Ansätze zur Behandlung von Verwerfungserscheinungen sind primär auf die Symptome der Verwerfung gerichtet. Beispielsweis wirken die passiven Tonarm-Plattenoberfläche-Kontaktgeräte und die Tonarmsysteme mit geschlossener Schleife hauptsächlich als Mittel zur Verbesse-

rung der Fähigkeit des Tonabnehmers und Tonarms, einfach den Verwerfungen zu folgen. Dementsprechend können solche Lösungsversuche verfehlen, andere Effekte des Verwerfens zu korrigieren, und können die Abtastfähigkeit und die Signalqualität bei nicht mit der Verwerfung in Beziehung stehenden Frequenzen verschlechtern. Hinsichtlich des Rumpels sind die bekannten Techniken primär auf ein elektrisches Filtern gerichtet statt den Rumpel-Mechanismus selbst zu behandeln.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Effekte von Verwerfungen und Rumpel zu reduzieren, ohne in irgendeiner Weise die Bandbreite oder andere Betriebscharakteristiken der Signalkanäle selbst zu verschlechtern.

Die Erfindung beruht auf Beobachtungen aufgrund der in Fig. 1A und 1B dargestellten Situation. Fig. 1A repräsentiert eine Teil-Seitenansicht der oberen Hälfte einer hypothetischen Vaterplatte, auf der Ruherillen aufgezeichnet sind. Die Rillentiefe «a» ist eine Konstante und repräsentiert die momentane vertikale Signalmodulation mit Bezug auf einen perfekten Bezugsweg oder eine perfekte Bezugsfläche. Die Bezugsfläche kann die flache Lackoberfläche der Vaterplatte sein, gemäss einem Aspekt der Erfindung gemäss Fig. 2 kann die Bezugsfläche wahlweise auch im Schneidprozess definiert werden, vorzugsweise durch eine flache, zweite Schneidnadel, die der Hauptschneidnadel folgt und so angeordnet ist, dass sie die Inseln zwischen den Rillen glättet und abmessungsmässig definiert. In einigen Fällen, wenn wenig Vertikalinformation auf der Platte aufgezeichnet ist (beispielsweise unterhalb von 30 Hz), kann die Rille selbst als Bezugsweg verwendet werden.

Fig. 1B repräsentiert die Situation nach Herstellung einer Plattenpressung vom Vater. Die vertikale Rillenposition ist nicht mehr konstant, sondern enthält Unregelmässigkeiten. Im Falle von Verwerfungen sind diese abmessungsmässig auf den beiden Seiten der Platte korreliert (die Dicke bleibt im wesentlichen konstant), weil sie einfach von thermischen und mit der Behandlung in Beziehung stehenden Verformungen während und nach der Entfernung der Platte aus der Presse herrühren. Höherfrequentes Formkornrauschen ist jedoch auf den beiden Seiten der Platte nicht korreliert, weil unterschiedliche Matrizen und Sohnplatten verwendet werden; die Platte enthält damit lokale Dickenvariationen. Solche Unvollkommenheiten werden durch die Druckübertragung von Abmessungsunregelmässigkeiten von der Rückseite zur Vorderseite der Sohnplatte während des Pressvorgangs verursacht. Die Rückseitenunregelmässigkeiten können Metallkristalle sein, die aus dem Replikationsprozess hervorgehen, Muster, die aus Schleifvorgängen zur Glättung der Rückfläche resultieren, Schmutz und Staub, der zwischen der Sohnplatte und der Matrize der Plattenpresse eingefangen ist, und Oberflächenunregelmässigkeiten der Matrize.

Da die Dicke der Sohnplatte 0,007 bis 0,010" (0,17 bis 0,25 mm) beträgt, begrenzt die Festigkeit oder Steifigkeit des Materials die kürzeste Wellenlänge, die durch lokales Verbiegen und Verformen der Sohnplatte übertragen werden kann. Solche Wellenlängen können also in der Grössenordnung von 0,020" (0,5 mm) liegen. Das resultiert in einer höchsten Frequenz des Formkornrauschens am Aussendurchmesser einer 12"- (30 cm-) Platte (Rillengeschwindigkeit etwa 20" pro Sekunde [50 cm/s]) in der Grössenordnung von 1 kHz.

Weitere Quellen für niederfrequentes Rauschen der Platte selbst können beispielsweise sein Inhomogenität des Pressmaterials und geometrische Verformungen durch unterschiedliche Kühleffekte, die sich durch schnelle und gleichmässige Temperaturänderungen der Matrizenfläche ergeben. Darüber hinaus wird, wie bereits erwähnt wurde, Rauschen durch das Wiedergabesystem eingeführt – nämlich Plattenspieler- und Umgebungs-Rumpel und akustisch übertragene

Vibrationen des Plattenspielers und der Platte.

In einem konventionellen Wiedergabesystem wird deshalb die wiedergegebene Grösse «b» erhalten, wobei die Tonarmposition als Bezug verwendet wird. Die Grösse «b» enthält also unerwünschte niederfrequente Rauschkomponenten.

Eine engere Betrachtung dieser Sachlage zeigt, dass die niederfrequenten Rauschkomponenten von allen oben erwähnten Quellen nicht unauflösbar mit den ursprünglichen Signalmodulationen vermischt sind. Vielmehr bleibt die Grösse «a» des aufgezeichneten Signals intakt und durch den Press- und Wiedergabe-Prozess sowie mechanische Unvollkommenheiten des Wiedergabesystems unverletzt. Damit kann die Grösse «a» wiedergewonnen werden, wenn der verzerrte Bezugsweg am Punkt des Nadelkontakts als Bezugspunkt während der Wiedergabe verwendet wird. Vorzugsweise wirkt das Wiedergabesystem so, dass unbeabsichtigte Abweichungen des Bezugspunktes entfernt werden, so dass die Plattenoberfläche wieder im Effekt eben ist (d.h. effektiv vertikal stabil), und zwar in der Nachbarschaft der Nadel. Als Alternative wird der sich bewegende Bezugspunkt dazu verwendet, die wahre Signalgrösse «a» zu bestimmen.

Die Probleme des Standes der Technik können durch ein Schallplattenwiedergabesystem gelöst werden, bei dem mechanische Unvollkommenheiten in der Platte oder im System, die Abweichungen in dem verfolgten Plattenweg verursachen, dadurch kompensiert werden, dass eine geeignete Grösse gemessen wird, um ein Abweichungssignal wiederzugeben, und dadurch, dass dieses Signal dazu verwendet wird, eine entsprechende Korrektur zu bewirken, mechanisch und/oder elektrisch. Eine Fühleinrichtung erzeugt ein Signal aufgrund der Abweichungen in einem Bezugsweg bei oder in der Nähe des Tonabnehmers oder der Nadel, und dieses Signal wird so verarbeitet, dass das System so kontrolliert wird, dass die Effekte auf das Plattenwiedergabesignal minimiert werden, die durch die Abweichungen verursacht sind.

Im folgenden soll Abfühlen «in enger Nachbarschaft» bedeuten Abtasten innerhalb eines kleinen Bruchteils (beispielsweise weniger als etwa ein Zehntel) der kürzesten Wellenlänge, die korrigiert werden soll. Wenn das Formkornrauschen Wellenlängen von nur 0,020" (0,51 mm) hat, schliesst das Abfühlen innerhalb von etwa 0,002" (0,05 mm) ein, d.h. auf unmittelbar angrenzenden Inseln. Dieses repräsentiert die Grenze der vorliegenden Technologie. Für niederfrequentes Rauschen und Verwerfungen ist natürlich nicht notwendig, in solch enger Nachbarschaft abzufühlen.

Es gibt vier Hauptausführungsformen der Kompensationsanordnung des vorliegenden Gerätes die der Einfachheit halber als Vertikal-Rauschen-Kompensator (oder entsprechend dem englischen Vertical) Noise Compensator (VNC) bezeichnet werden kann. Diese Ausführungsformen können getrennt oder in Kombination verwendet werden.

Bei allen Ausführungsformen wird die vertikale Position eines unmodulierten Teils der Platte bei oder in enger Nachbarschaft zur Nadel gefühlt. Die so abgeleitete Information kann als Bezugsweginformation bezeichnet werden. In einigen Ausführungsformen wird die Bezugsweginformation mit Bezug auf die Arm- oder Tonabnehmerposition gefühlt, diese Information kann als Bezugsweg-Arm-Information bezeichnet werden. Bezugsweginformation oder Bezugsweg-Arm-Information wird vorzugsweise über Abfühleinrichtungen erhalten, die so angeordnet sind, dass sie die Inselposition angrenzend an die Signallrille und in enger Nachbarschaft zur Signalnadel fühlt. Es ist wichtig, dass der Vertikalsensor im wesentlichen nur auf Vertikalinformation anspricht; in der Plattenaufzeichnungstechnik hat der Ausdruck «vertikal» üblicherweise die Bedeutung senkrecht zur Plattenoberfläche, oder in axialer Richtung. Eine weniger wünschenswerte Alternative, nur für

die Behandlung von Verwerfungs- und sehr niederfrequenten Rumpel-Effekten, ist es, die Rillentiefe selbst abzufühlen.

Bei der ersten Ausführungsform wird Bezugsweginformation erhalten und mit einem Vorspannungssignal verglichen, um ein Abweichungssignal zur Verwendung in einem Servosystem mit geschlossener Schleife zu verwenden, das einen Betätiger einschliesst, der die Platte im wesentlichen vertikal, wenigstens in der Nachbarschaft der Tonabnehmernadel bewegt. Idealerweise ist das Resultat, dass alle vertikalen Plattenbewegungen in der Nachbarschaft der Tonabnehmernadel entfernt werden, so dass der Nadel effektiv erlaubt wird, eine von Verwerfungen und Rumpeln freie Platte abzutasten. Diese Ausführungsform kann als Platten-VNC (oder Plattenspieler-VNC, da eine vertikale Bewegung der Platte am leichtesten über mit dem Plattenspieler assoziierte Mechanismen erreicht wird) bezeichnet werden.

Eine zweite Ausführungsform, die Tonarm-VNC genannt werden kann, ist eine Verbesserung der bekannten Tonarmtechnik mit geschlossener Schleife. Bei bekannten Systemen enthalten die verwendeten Abweichungssignale Arm-Tonabnehmersystem-Resonanzkomponenten oder andere irreführende Information. Beim vorliegenden Gerät werden Messungen vorgenommen, die diese Defekte vermeiden und zur Kontrolle des Tonarms verarbeiten; es wird nämlich Bezugsweginformation erhalten und dazu verwendet, den Tonarm zu steuern und wahlweise zusätzliche Korrekturen über die andere Ausführungsformen durchzuführen. Niederfrequente Komponenten können in einem Plattenspieler-VNC zur Verwerfungskompensation verwendet werden und höherfrequente Komponenten können in einem Tonabnehmereinsatz-VNC oder Vorverstärker-VNC zur Herabsetzung von Rumpeln und Formkornrauschen verwendet werden.

In einer dritten Ausführungsform, die als Tonabnehmereinsatz-VNC bezeichnet werden kann, wird Bezugsweg-Arm-Information erhalten und dazu verwendet, eine Korrektur innerhalb oder im Anschluss an den Tonabnehmereinsatz zu bewirken. Die Bezugsweg-Arm-Information wird entweder elektrisch oder mechanisch von der durch die Signalnadel gelieferten Information abgezogen. Die Bezugsweg-Arm-Information kann wahlweise auch aus dem Tonabnehmereinsatz herausgebracht werden, um zusätzliche Korrekturen über die anderen Ausführungsformen durchzuführen.

Bei einer vierten Ausführungsform, die als Vorverstärker-VNC bezeichnet werden kann, wird die Bezugsweg-Arm-Information erhalten und von dem tonfrequenten Ausgang im Vorverstärker elektronisch abgezogen. Diese Anordnung kann dazu verwendet werden, Formkornrauschen, Rumpeln und einige Effekte des Verwerfens zu reduzieren.

Für optimales mechanisches und akustisches Betriebsverhalten ist es vorzuziehen, die Plattenspieler-VNC- oder Tonarm-VNC-Verfahren mit Tonabnehmereinsatz-VNC- und/oder Vorverstärker-VNC-Verfahren zu kombinieren. Beispielsweise können Verwerfungs- und Rumpel-Effekte bis zu beispielsweise 20 Hz unter Verwendung eines Plattenspielers-VNC oder eines Tonarm-VNC kompensiert werden, während Frequenzen oberhalb dieser mit einem Tonabnehmer-VNC oder Vorverstärker-VNC behandelt werden.

Kompatibilität kennzeichnet alle vorliegenden Ausführungen. Konventionelle Schallplatten können auf Wiedergabegeräten abgespielt werden, die die Erfindung enthalten, umgekehrt können Schallplatten, die mit der erfindungsgemässen wahlweise vorgesehenen definierten Bezugsoberfläche produziert sind, auf üblichen Wiedergabegeräten abgespielt werden.

Die Herabsetzung von Rausch- und Abtast-Problemen, die durch die Erfindung bewirkt wird, kann es erlauben, einen niedrigeren Modulationspegel und eine höhere Rillendichte zu verwenden, was zu grösseren Spielzeiten und/oder kleineren Plattendurchmessern führt.

Die Tatsache, dass die Erfindung das Problem des niederfrequenten Rauschens löst, führt zu der weiteren Möglichkeit, dass höherfrequente Komponenten des Signals auf der Platte in zur elektronischen Rauschreduzierung kodierter Form aufgezeichnet werden können, beispielsweise durch das als «Dolby B» bekannte System. Dieses System, das nur Signale oberhalb von etwa 1 kHz behandelt, liefert ein komprimiertes Signal, das nachweislich ausreichend kompatibel ist, um eine einheitliche Herstellung und gemeinsamen Vertrieb von Kassettentändern zu erlauben. Eine solche Aufnahme im Falle von kodierten Platten wäre schwieriger, wenn auch nicht unmöglich, auf kommerzieller Basis zu erreichen, wenn es notwendig wäre, auch die niederfrequenten Signale zu behandeln. Die kodierte Platte sollte natürlich vorzugsweise unter Verwendung eines Rauschreduzierungsdekoders zur Reduzierung von hochfrequentem Plattenpress-Rauschen und niedrigpegeligen Ticks und Pops wiedergegeben werden.

Die Erfindung kann also einen erheblichen Gesamtbeitrag zum derzeitigen Betriebsverhalten und den zukünftigen Möglichkeiten der konventionellen analogen Plattenaufzeichnung machen.

Die Besonderheiten des vorliegenden Geräts ergeben sich aus der folgenden, ins Einzelne gehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung; es zeigen:

Figur 1A eine Teil-Ansicht der oberen Hälfte einer hypothetischen Vaterplatte mit Aufzeichnung von Ruherillen;

Figur 1B eine Teil-Seitenansicht einer hypothetischen Plattenpressung von der Vaterplatte nach Figur 1A;

Figur 2 einen Teilschnitt durch eine Vaterplatte während des Schneidprozesses unter Verwendung eines konventionellen Signalschneidstichels und eines sekundären Bezugsebenen-Schneidstichels;

Figur 3A eine verallgemeinerte, Teil-Blockdarstellung einer direkten Bezugsweg-Information-Abföhlung;

Figur 3B eine allgemeine Teil-Blockdarstellung einer indirekten Bezugsweginformation-Abföhlung;

Figur 4A eine teilweise geschnittene perspektivische Darstellung einer Art einer direkten Bezugsweg-Informationsabföhlung;

Figur 4B eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht einer anderen Art der direkten Bezugsweg-Informationsabföhlung;

Figur 5 eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer Art der Bezugsweg-Arm-Abföhlung;

Figur 6 eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht einer Art eines Bezugsweg-Arm-Sensors;

Figur 7 eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht noch einer weiteren Art Bezugsweg-Arm-Sensor;

Figur 8 eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht noch einer weiteren Art eines Bezugsweg-Arm-Sensors;

Figur 9 eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht des Nadelteils einer anderen Art Bezugsweg-Arm-Sensor;

Figur 10 ein Blockschaltbild eines Plattenspielers-VNC (Vertikal-Rauschen-Kompensator)-Systems;

Figur 11 einen Schnitt durch eine Art eines Vertikalbetätigers, der in einem Plattenspieler-VNC-System verwendet werden kann;

Figur 12 einen Schnitt durch eine andere Art eines Vertikal-Betätigers, der in einem Plattenspieler-VNC verwendet werden kann;

Figur 13 einen Schnitt durch noch eine weitere Art eines Vertikal-Betätigers, der in einem Plattenspieler-VNC-System verwendet werden kann;

Figur 14A einen Teilschnitt durch einen Plattenspieler mit einem Vertikal-Betätiger;

Figur 14B einen Teilschnitt durch einen weiteren Plattenspieler mit einem Vertikal-Betätiger;

Figur 15A einen Schnitt durch einen nachträglich anzupassenden Vertikalbetätiger zur Verwendung mit einem konventionellen Plattenspieler;

Figur 15B einen Teilschnitt durch eine weitere Art eines nachträglich anzupassenden Vertikalbetätigers zur Verwendung mit einem konventionellen Plattenspieler;

Figur 16A ein Blockschaltbild einer bekannten elektrischen Tonarmdämpfungsanordnung;

Figur 16B ein Blockschaltbild einer bekannten Tonarm-Servo-Anordnung;

Figur 17 ein Blockschaltbild eines Tonarm-VNC-Systems, bei dem direkte Bezugswegabführung verwendet wird;

Figur 18 ein Blockschaltbild einer weiteren Art eines Tonarm-VNC-Systems, bei dem indirekte Bezugswegabführung verwendet wird;

Figur 19 ein Blockschaltbild einer weiteren Art eines Tonarm-VNC-Systems, bei dem das Abweichungssignal in eine Gegenkopplungsschleife eingeschlossen ist;

Figur 20 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung der allgemeinen Anordnung eines Tonabnehmereinsatz-VNC;

Figur 21A ein Blockschaltbild beispielhafter Kombinations-Zwischenverbindung zwischen Wandlern in einem Tonabnehmereinsatz-VNC;

Figur 21B ein Blockschaltbild von alternativen beispielhaften Kombinations-Zwischenverbindungen zwischen Wandlern in einem Tonabnehmereinsatz-VNC nach der Erfindung;

Figur 22 eine perspektivische Ansicht eines Teils eines Tonabnehmereinsatz-VNC;

Figur 23 eine perspektivische Ansicht eines Teils eines weiteren Tonabnehmereinsatz-VNC; und

Figur 24 ein Blockschaltbild eines Vorverstärker-VNC.

Bei allen zu beschreibenden Ausführungsformen werden nur die essentiellen Teile im einzelnen dargestellt oder diskutiert. Sofern nicht anders angegeben, werden also Verstärker, Dämpfer, Entzerrer, Differenzglieder, Integratoren, Rückkopplungsschleifenkompensatoren, Verstärkungsreglungen und dergleichen verwendet, wie das üblicherweise in der elektronischen Technologie erforderlich ist. In ähnlicher Weise werden, sofern nicht anders angegeben, die detaillierten Merkmale von Nadeln bzw. Stacheln, Sensorwandlern, Betätigerwandlern und die mechanischen und elektromechanischen Aspekte von Platten, Tonabnehmereinsätzen, Tonarmen, Antriebsmotoren und dergleichen nicht behandelt.

Bei den verschiedenen Ausführungsformen wird die Vertikalposition eines unmodulierten Teils der Platte (Bezugsweg) bei oder in enger Nachbarschaft zur Signalaufnahmeeinrichtung abgefühlt, typischerweise einer Nadel. Ein wichtiges Element der Erfindung ist die Anerkennung, dass eine Abführung mit hoher Auflösung in enger Nachbarschaft zur Reduzierung des Formkornrauschens nützlich ist. Es folgt jedoch, dass es für den Bezugsweg notwendig ist, so makellos wie möglich zu sein. Beispielsweise sollte er frei von Kratzern sein. Darüber hinaus sollten die Rillen-«Hörner» oder Grate aus Material an den Rillenkanten, die in den Inselbereich hinein vorstehen, vorzugsweise während des Plattenherstellungsprozesses entfernt werden.

Ein Polieren der metallnen Form ist ein bekanntes Verfahren zum Entfernen von Rillenhörnern. Ein anderes Verfahren ist in Fig. 2 dargestellt, das einen weiteren Bezugswegschneidstichel 4 aufweist, der dem Rillenschneidstichel 6 folgt. Die im wesentlichen flache Unterseite des Bezugswegstichels entfernt nicht nur die Rillenhörner, sondern schneidet auch restliche Rumpelmodulationen des Lackvaters 2 weg und kompensiert irgendein vertikales Rumpeln, das durch den Schneidapparat eingeführt ist. Eine perfekte ruhige Bezugsweg-

fläche wird damit zur Verwendung mit den Wiedergabeausführungsformen nach der Erfindung definiert. Bei einer Ausführungsform (Fig. 6) liefert eine Pilotrinne den Bezugsweg. In diesem Falle schneidet der Bezugswegschneidstichel eine unmodulierte Rinne angrenzend an die Signalrinne.

Das Abfühlen oder Abtasten der Bezugsweg-Information (d.h. Abfühlen des verzerrten, gewellten Bezugsweges) ist ein Schlüsselement der verschiedenen Ausführungsformen. Eine allgemeine Darstellung der Bezugswegabtastung ist in Fig. 3A und 3B dargestellt. Fig. 3B wird später unter der Überschrift «Bezugswegabführung auf indirekte Weise» beschrieben. Gemäss Fig. 3A kann die Bezugsweginformation direkt erhalten werden, und zwar mittels eines Sensors, der der Abtastnadel seitlich folgt, vertikal aber unabhängig ist. Ein Fühler oder Sensor 8 ist an einer Bezugsebene befestigt. In einem konventionellen Plattenspieler erfolgt die Befestigung typischerweise an der Tonarm-Montagefläche. In der Theorie kann die Befestigungsfläche irgendeine geeignete Bezugsfläche sein, einschliesslich einer stabilen Fläche unabhängig vom eigentlichen Plattenspieler. Ein bewegliches Element 11, das einen Teil des Sensors 8 bildet, folgt den Oberflächenwellungen der Plattenoberfläche. In der Praxis sind sowohl Sensoren brauchbar, die mit der Platte in Berührung stehen, als auch solche, die nicht mit der Platte in Berührung stehen, wie noch in Verbindung mit Fig. 4A und 4B beschrieben wird.

In einer einfachen Ausführung ist die Bezugswegnadel am Einsatz in der in Fig. 6-9 (die später erläutert werden) dargestellten Weise angeordnet. In diesem Fall ist diese Nadel relativ steif mit dem Einsatzkörper und dem Tonarm gekuppelt, daraus resultiert eine relativ hohe Vertikal-Resonanzfrequenz des Tonarms. Diese Nadel mag allein zur Herabsetzung von Rumpel und Formkornrauschen verwendet werden. Sie mag auch mit einem Tonarm-Vertikalpositions-Sensor verwendet werden, um in Plattenspieler-VNC oder Tonarm-VNC Bezugsweginformation zu erhalten.

Bei einer anderen, in Fig. 4A gezeigten Version kann die Sensorsektion des Arms vertikal fixiert sein und der die Vertikalauslenkung fühlende Wandler kann aus nicht-mechanischen Einrichtungen bestehen, mit denen die Plattenoberfläche 9 abgefühlt wird, beispielsweise mittels Ultraschall-Einrichtungen oder kapazitiven Einrichtungen oder mittels eines Lichtstrahls und -detektor (d.h. Licht emittierende Diode und Photodiode). Ein Lichtstrahl, der vorzugsweise auf den Berührungspunkt der Nadel fokussiert ist, aber mit einem Strahldurchmesser, der wenigstens eine Inselfläche überdeckt, kann unter einem Winkel auf die Oberfläche gerichtet sein, vertikale Variationen zeigen sich dann als laterale Variationen, die mit einem oder mehreren Photodetektoren gefühlt werden. Diese Technik hat den Vorteil, dass ein relativ breitbandiges Abweichungssignal ohne begleitende mechanische Resonanzen geliefert wird. Verwerfungen, Rumpel und Formkornrauschens bis wenigstens hinauf zu einigen Hundert Hz kann auf diese Weise kompensiert werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4A hat der Tonarm 10, der vertikal fixiert ist, sich aber seitlich frei bewegen kann, ein U-förmiges Ende 12, in dem ein Tonabnehmereinsatz 14 auf einem querverlaufenden Stift 16 schwenkbar ist. Eine Anordnung aus einer Lichtquelle 18 und Detektoren 20, 22 ähnlich der Sensorversion nach der später beschriebenen Fig. 5 liefern das Sensorsignal.

Eine weitere mechanische Version der Bezugswegabführung gemäss Fig. 4B arbeitet mit einer separaten Nadel, die lateral mit dem Tonabnehmereinsatz gekuppelt ist, vertikal aber von diesem unabhängig ist. Ein Arm 24, der nur zur lateralen (horizontalen) Bewegung verschwenkt werden kann, weist ein erstes Lateralsupportelement 26 auf, auf dem bei 30 eine Tonarmsektion 28, die den Tonabnehmereinsatz 18 trägt,

schwenkbar ist. Ein zweites Lateraltragelement mit Schwenkmöglichkeiten, das in einem Gehäuse 32 eingeschlossen ist, weist einen Schaft 34 auf, der eine Sekundärnadel 36 trägt. Ein Wandler am Schwenkgelenk innerhalb des Gehäuses 32 wirkt als Sensor für die Vertikalbewegung der sekundären Nadel 38. Die Sekundärnadel ist so angeordnet, dass sie von der Platte abhebt, wenn die Signalnadel abgehoben wird. Vorzugsweise ist die Nadel 36 so dimensioniert, dass sie mit den Inselflächen angrenzend an die Signalnadel 38 des Tonabnehmereinsatzes 14 in Berührung steht.

Sekundärnadeln können aus irgendeinem der verschiedenen Werkstoffe mit geringer Abnutzung hergestellt sein, die mit Plattenoberflächen verträglich sind und gegen Rilleneffekte widerstandsfähig sind, beispielsweise Saphir oder Diamant. Bei den Sensorwandlern kann es sich um irgendeine bekannte Type handeln, einschliesslich, aber nicht begrenzt auf elektromagnetischer Wandler, fotoelektrische Wandler, Halleffektwandler, Magnetodioden, potentiometrisch oder mit variablem Widerstand, variabler Kapazität oder variabler Induktivität. Der unbehandelte Ausgang des Wandlers kann Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Kraft (wie mit einem auf Druck ansprechenden Wandler) darstellen.

Die mechanischen Charakteristiken der Bezugswegsensoreinheit können nur für die vertikale Abtastfunktion optimiert werden. Die Frequenz der Vertikalresonanz (Sensor-Biegung und -Masse) sollten deutlich über der höchsten Verwerfungsfrequenz liegen, und tatsächlich weit innerhalb des Tonfrequenzbandes, um die höchste Korrekturfrequenz nach oben hin zu erstrecken, so dass hörbares Rumpel und Formkornrauschen reduziert wird. Die Sekundärnadel kann sehr dicht an der Primärnadel angeordnet werden – z.B. innerhalb von 1 mm zur Korrektur bis etwa 50 Hz. Ein noch geringerer Abstand vom 0,1 mm zur Korrektur bis etwa 500 Hz ist vorzuziehen zur Herabsetzung des Formkornrauschens im mittleren Bereich.

Die Sekundärnadel oder Sensoreinrichtung kann kurz vor der primären (Signal-)Nadel angeordnet sein, um ein antizipierendes Abweichungssignal zu erzeugen. Das ist nützlich zur Verringerung der Anforderungen an Verstärkung und Phase von elektromechanischen Servoschleifen oder zur Gewährleistung einer optimalen Abweichungsauslöschung, wo mechanischer oder elektrischer Phasenverschiebungen vorhanden sind, beispielsweise bei der Tiefpassfilterung der Bezugsweginformation.

Andere Ausführungsformen des vorliegenden Geräts verwenden Bezugsweg-Arm-Information; das ist das Signal, das dadurch erhalten wird, dass der Abstand zwischen dem Bezugsweg und dem Arm (d.h. Tonabnehmereinsatz) abgefühlt wird. Dieses Signal enthält notwendigerweise Tonarmbewegungen und Arm/Tonabnehmereinsatz-Resonanzeffekte. Eine erste Sensor-Version verwendet einfach die Vertikalkomponenteninformation vom Tonabnehmereinsatz, wie das bekannt ist. Dieses Verfahren liefert nützliche Information oberhalb der Frequenz der Arm/Tonabnehmereinsatz-Resonanz, ist jedoch auf Fälle und den Frequenzbereich beschränkt, in denen die Kanaltrennung während des Plattenschneidens bewusst reduziert ist (beispielsweise unter 100 Hz).

Um Bezugsweg-Arm-Information bis zu höheren Frequenzen zu erhalten, ist es notwendig, einen Insel-Sensor vorzusehen, der von der Signalnadel unabhängig ist. Nicht-mechanische Fühleinrichtungen, wie oben in Verbindung mit Fig. 4A erwähnt, können verwendet werden, die jedoch an den Tonabnehmereinsatz-Halterarm oder den Tonabnehmereinsatz befestigt werden statt an einem vertikal fixierten Arm. Ein Beispiel für einen solchen Sensor ist in Fig. 5 dargestellt. Ein Stereophonie-Tonabnehmereinsatz 40 weist einen üblichen freitragenden Schaft 42 und eine Nadelspitze 44 auf, die

als in Berührung mit einer Schallplatte 9 dargestellt ist. Eine Lichtquelle 46, beispielsweise eine lichtemittierende Diode (LED) oder ein Diodenlaser erzeugt beispielsweise einen Lichtstrahl, so dass eine Fläche der Aufzeichnung in der

Grössenordnung von 1 mm Durchmesser, oder kleiner, beleuchtet wird. Das reflektierte Licht wird von einem oder mehreren Fotoempfängern 48 und 50, beispielsweise Fotodioden, in der gleichen Weise aufgenommen wie im Falle der Fig. 4A. Die Lage der Beleuchtung und deren Durchmesser werden vorzugsweise so gewählt, dass die Fläche beleuchtet wird, in der die Nadelspitze 44 liegt, und die angrenzenden Inselflächen, so dass das reflektierte Licht hauptsächlich aus lokale Variationen in der Insel bei oder gerade vor der Nadel anspricht, da diese Variationen das Rumpel und Formkornrauschen an diesem Punkt repräsentiert. Der Ausgang der Empfänger 48 und 50 kann einem Differentialverstärker zugeführt werden, um eine Anzeige für lokale Inselvariationen zu schaffen; eine geeignete Schaltungsanordnung kann so ausgelegt werden, dass sie nur auf vertikale Variationen der Inselposition anspricht und nicht auf das gesamte reflektierte Licht, das von den Rillenmodulationen abhängt. Solche Techniken werden beispielsweise in automatischer Fokussiermechanismen für Dias verwendet.

Beispiele von mechanischen Versionen von Bezugsweg-Arm-Sensoren sind in Fig. 6 bis 9 dargestellt. Bei jeder dieser Ausführungsformen ist ein Tonabnehmereinsatz mit zwei Nadeln vorgesehen, wobei eine konventionelle Nadel den Rillen-Informations-Inhalt abtastet und die zweite Nadel Verwerfungs- und Rumpel-Information fühlt. In der vorliegenden Tonabnehmereinsatz-VNC-Ausführungsform hat eine solche Doppelkontaktkombination die Möglichkeit, das Betriebsverhalten sowohl hinsichtlich Verziehen als auch Rumpel innerhalb eines einheitlichen, in sich abgeschlossenen Tonabnehmereinsatzes zu verbessern. Wahlweise kann noch ein drittes Kontaktgerät Tonabnehmereinsatz-Plattenoberfläche verwendet werden, beispielsweise eine Bürste oder ein Dämpfer, wie bei den bekannten Verwerfungs-Abtasteinrichtungen, die oben erwähnt worden sind.

Ein ideales Bezugsweg-Abfühlverfahren ist in Fig. 6 dargestellt, wobei eine flache, unmodulierte Pilotrille 52 angrenzend an die die Information enthaltende Hauptrille 54 in einer Schallplatte 9a vorgesehen ist. Die Spitze 56 einer zweiten Nadel 58 des Tonabnehmereinsatzes 60 läuft in der Pilotrille und fühlt sowohl vertikal als auch laterale Verwerfungs- und Rumpel-Frequenzen. Die vorliegenden Ausführungsformen sind dann so ausgebildet, dass sowohl die Vertikal- als auch die Lateralinformation verwendet wird, die zur Verfügung gestellt wird. Glücklicherweise sind laterales Verwerfen und Rumpel keine ernsthaften Probleme, und es ist in einem praktischen System ausreichend, sich nur um die Vertikal-komponenten zu kümmern.

Gemäss Fig. 7 weist in einer für konventionelle, handelsübliche Schallplattenaufzeichnungen geeigneten Anordnung der Tonabnehmereinsatz 62 eine Hauptnadel mit einem Schaft 42 und einer Nadelspitze 44 auf, die eine Information tragende Rille 54 einer Schallplatte 9 abtastet. Der sekundäre Schaft 64 mit Nadelspitze 66 ist auf einer oder beiden Seiten der Hauptnadel angeordnet und kann diese voll oder teilweise umfassen. Die Kontaktfläche kann zur Aussenseite der Platte hin vorgespannt sein, wenn gewünscht, so dass Vorecho-Effekte in der Bezugsweginformation minimiert werden. Die sekundäre Nadelspitze hat einen im wesentlichen flachen Boden mit Betriebsabmessungen, die ausreichend gross sind (beispielsweise ein Bruchteil eines Millimeters), so dass sie zuverlässig auf wenigstens einer Inselfläche reitet und damit im wesentlichen unempfindlich für Lateralinformation und irgendeinen Informationsgehalt der Rille ist, so dass sie nur auf Inselhöhenvariationen anspricht, die ein Mass für Verzie-

hen und Rumpel sind. Die Spitze 66 wird seitlich von der Hauptnadel geführt, und kann mit einer nachgiebigen Kuppelung 68 an Ort und Stelle gehalten werden, die allgemein die relativen Positionen der beiden Nadeln aufrechterhält, die Nadelbewegungen aber nicht stört.

Eine andere Ansicht der Nadeln ist in Fig. 8 dargestellt. Eine längliche blockförmige Spitze 70 für die Sekundärnadel 72 überspannt die Insel zwischen mehreren Rillen und ist vor und ausserhalb der Hauptnadel 42 angeordnet. Wie früher erwähnt, kann die Spitze der zweiten Nadel wahlweise U-Form haben (beispielsweise Element 74 in Fig. 9) oder O-Form, wobei sie die Hauptnadel umgibt. Die Kontaktfläche kann zur Aussenseite der Platte hin vorgespannt sein, wenn gewünscht, so dass Vorecho-Effekte verringert werden. Eine weitere praktische Erwägung ist, dass die Nadelanordnung vorzugsweise Staub nicht fangen sollte, sondern ihn ablenken sollte.

Für die meisten Tonarm- und Tonabnehmereinsatz-Konfigurationen soll die Konstruktion der Bezugsweg-Arm-Informationssensoren so sein, dass die Nachlaufkraft der Hauptnadel vorzugsweise den Hauptteil der gesamten Tonabnehmereinsatz-Nachlaufkraft ausmachen soll, um eine ungünstige Beeinflussung der Seitenschubkräfte auf den Tonabnehmereinsatz zu vermeiden und ferner eine Reduzierung der Hauptnadelkraft zu vermeiden, die zum Abtasten von Verwerfungen und Signalen grosser Amplitude verfügbar ist. Eine Sekundärnadel-Nachlaufkraft, die einen kleinen Bruchteil derjenigen der Hauptnadel ausmacht – beispielsweise $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$ oder sogar weniger –, reicht aus, um die Rumpel-Komponenten mit relativ kleiner Amplitude und kleiner Frequenz abzutasten. Die Sekundärnadel ist vorzugsweise nachgiebig mit dem Tonabnehmereinsatzkörper verbunden, wobei die Nachgiebigkeit vorzugsweise erheblich grösser ist als die der Hauptnadel. Die obigen Betrachtungen hinsichtlich Nachgiebigkeit und Abtastkraft gelten hauptsächlich für Versatz-Tonarm-Systeme, in denen Verziehen nicht kompensiert wird. In einigen Systemen mag der Schaft der Sekundärnadel den Tonabnehmereinsatzkörper relativ steif kuppeln. Weiter soll die effektive Masse der zweiten Nadel und der zugehörigen beweglichen Teile, zusammen mit den Biegungs- oder Steifheits-Eigenschaften des Schaftes eine Hochfrequenzresonanz gut oberhalb der höchsten interessierenden Formkornrauschen-Komponenten ergeben, beispielsweise würde eine Resonanzfrequenz von wenigstens 1 bis 2 kHz für den Bezugswegfühler geeignet sein. Wie bei der Konstruktion von konventionellen Signal-Tonabnehmereinsätzen kann die zweite Nadel in geeigneter Weise mechanisch gedämpft werden. Ein mechanisches Tieffpassfilter kann gewünschtenfalls vorgesehen werden, so dass die von der zweiten Nadel gelieferte Information zwecks Reduzierung der Empfindlichkeit gegen Staub und Oberflächenkratzer bandbegrenzt wird.

Information vom Bezugsweg-Arm-Sensor wird in der einen oder anderen Weise dazu verwendet, entsprechende Vertikalinformation von der Signalnadel auszulöschen. Anordnungen zur vollständigen mechanischen Auslöschung können verwendet werden, wie noch erläutert wird. In der einfachsten Anordnung, mit einem unnachgiebigen Schaft der zweiten Nadel, subtrahieren die Vertikalbewegungen des Einsatzkörpers von den entsprechenden Bewegungen der ersten Nadel. Stattdessen kann die Sekundärnadelinformation in magnetischen oder elektromechanischen Anordnungen des Hauptsignalwandlers in der Weise wechselwirken, dass die Abweichungsinformation ausgelöscht wird. In einigen Anordnungen kann ein getrennter oder koordinierter Wandler für die Sekundärnadel vorgesehen sein. Die Kombination von Signalen, wie mit untereinander verbundenen Spulen, kann innerhalb des Tonabnehmereinsatzes selbst durchgeführt werden, oder die Signale können zur externen Kombination

herausgeführt sein. Die Signale können intern verwendet werden und auch zur Verwendung in anderen Ausführungsformen der Erfindung herausgeführt sein. Beispielsweise können die hochfrequenten Komponenten vom Bezugswegsensor intern ausgenutzt werden oder zum Vorverstärker zur Formkornrauschen-Herabsetzung herausgeführt werden (Tonabnehmer-VNC oder Vorverstärker-VNC) und die niederfrequenten Komponenten herausgeführt werden, um Verwerfungen über eine Betätigung des Plattenspielers oder Tonarms (Plattenspieler-VNC oder Tonarm-VNC) zu behandeln.

Wie bereits oben diskutiert, kann eine genaue Bezugsweginformationsabführung auf direkte Weise erreicht werden, mittels eines vertikal fixierten Sensors. Als Näherung kann die Vertikalposition des Tonarms verwendet werden, durch bekannte Verfahren. Ein Wandler, wie er früher in Verbindung mit Fig. 4B erwähnt worden ist, ist zwischen den Arm und des Vertikalgelenks montiert, so dass ein Ausgang geliefert wird, der mit der Vertikalposition oder dem Winkel von Tonarm und Tonabnehmereinsatz in Beziehung steht. Dieses Fühlverfahren ist nützlich, um Bezugsweginformation unterhalb der Arm-Tonabnehmereinsatz-Resonanzfrequenz (beispielsweise 10 Hz) zu erhalten. Es ist möglich, eine relativ steif montierte zweite Nadel zu verwenden, um die Resonanzfrequenz des Tonarms anzuheben. Die Bezugsweg-Arm-Sensoren, die oben in Verbindung mit Fig. 5 bis 9 beschrieben wurden, sind hauptsächlich oberhalb der Resonanzfrequenz brauchbar. Bei oder nahe der Resonanzfrequenz werden Phasen- und Amplituden-Fehler in die Bezugsweginformation nach beiden Verfahren eingeführt. Diese Verfahren sind deshalb nur bei Verwerfungs- oder Rumpel-Frequenzen geeignet, die etwas von der Arm-Tonabnehmereinsatz-Resonanzfrequenz entfernt sind, d.h. normalerweise unterhalb etwa 5 Hz und oberhalb etwa 20 Hz.

Bei einem verbesserten Verfahren kann ein im wesentlichen fehlerfreies Verwerfungs- und Rumpel-Fühlsignal abgeleitet werden, wodurch es möglich ist, die Korrekturwirkung über den ganzen interessierenden Frequenzbereich auszuüben (beispielsweise 0,5 Hz bis zu mehreren Hundert Hz) ohne Störung durch Arm/Tonabnehmereinsatz-Resonanz. Das Verfahren verwendet eine Kombination des ersten und zweiten Fühlverfahrens, die in dem obigen Abschnitt erläutert sind (d.h. Tonarmfühlen und Bezugsweg-Arm-Fühlen), wie schematisch in Fig. 3B dargestellt. Dieser Lösungsweg beruht auf der Erkenntnis, dass beide Signale die gleichen Fehlersignale enthalten (von Arm-Tonabnehmereinsatz-Wechselwirkungseffekten), jedoch in komplementärer Form, so dass sie ausgelöscht werden können, wodurch ein Differenzsignal übrigbleibt, das genau Verwerfung und Rumpel anzeigt. Das Vertikalarm-Positionssignal x ist eine Anzeige für den Abstand des Arms 76 zur Bezugsebene, während das Bezugsweg-Arm-Signal y eine Anzeige des Abstandes des Tonabnehmereinsatzes 78 zur Platte ist; die Differenz z ist die Verwerfungs- und Rumpel-Amplitude, d.h. $z = y - x$. Die Arm/Tonabnehmereinsatz-Resonanz-Fehlersignale, die in den x - und y -Signalen vom Tonarmsensor 80 und Bezugsweg-Arm-Sensor 82 enthalten sind, werden in der Kombinierschaltung 84 ausgelöscht, so dass ein im wesentlichen fehlerfreies Bezugsweg-Information-Signal 86 erhalten wird. Das y -Signal kann auf die verschiedenen Arten erhalten werden, die oben besprochen sind, wobei entweder die Signalnadel 78A verwendet wird, in einigen Fällen liefert diese nützliche Information bis herauf zu etwa 30 Hz, oder die zweite Nadel 78B, bei der nützliche Information bis zu mehreren Hundert Hz erhalten wird.

In Fig. 10 ist ein Blockschaltbild einer Plattenspieler-VNC-(Vertikalrauschkompensator-)Ausführungsform dargestellt, bei der Vertikalpositions- oder Verschiebungsfehler in der Nachbarschaft des Tonabnehmerwandlers abgeführt werden, um die vertikale Verstellung der Platte in einem Servo-

mechanismus-System mit geschlossener Schleife zu kontrollieren. Im Effekt wird eine Bezugsebene für die Platte durch den Verstellung-Vorspannungspegel Y_0 eingestellt, der einem Addierer/Subtrahierer 90 zugeführt wird. Die Bezugsebene kann wahlweise mittels einer Kontrolle 92 variabel gemacht werden. Ein Abweichungssignal auf Leitung 94 wird dadurch gebildet, dass das verstärkte Bezugsweginformationssignal auf Leitung 96 vom Vorspannungssignal subtrahiert wird. Das Abweichungssignal wird einem Verstärker 98 und einem Vertikalbetätiger 100 zugeführt, der die Positionierung der Platte 9 in einer Richtung im wesentlichen senkrecht zur Plattenoberfläche kontrolliert, wenigstens im Bereich der Signalnadel. Ein Signal 102, das mit der unerwünschten vertikalen Verschiebung der Platte in der Nähe des Tonabnehmerwandlers in Beziehung steht, wird vom Bezugswegsensor 104 erzeugt und dem Verstärker 106 zugeführt.

Zur Herabsetzung der Verwerfung sollte das Rückkopplungssystem wenigstens im Frequenzbereich von etwa 0,5 Hz bis etwa 10 Hz effektiv sein. Das System kann Wechselstromgekoppelt sein, galvanisch gekoppelt oder eine Kombination von beidem. Zur Herabsetzung von Rumpel und Formkornrauschen wird die Bandbreite der Korrektur in den Tonfrequenzbereich (d.h. bis zu mehreren Hundert Hz) ausgedehnt. Die Korrektur kann vollständig mechanisch über den Vertikalbetätiger sein. Stattdessen können höhere Rumpel-Frequenzen (d.h. oberhalb von 50 Hz) über eine Tonabnehmereinsatz-VNC-Ausführung oder eine Vorverstärker-VNC kompensiert werden. Gewünschtenfalls kann ein Überschneidungsnetzwerk dazu verwendet werden, die behandelten Frequenzbereiche zweckmässig zu trennen. Das Gesamtsystem kann damit einen wesentlichen Beitrag sowohl zur Herabsetzung von Verwerfungen und deren Nebeneffekten als auch zur Herabsetzung von hörbarem Rauschen liefern.

Die unerwünschte Vertikalverstellung, die durch das System behandelt wird, kann wahlweise mit einer Anzeigeeinrichtung 108 angezeigt werden. Ein Schalter 110 kann wahlweise vorgesehen sein, um die Schleife zu unterbrechen, um die Korrekturwirkung abzuschalten. Blöcke 112 und 114 werden in Verbindung mit Fig. 11 erläutert.

Es sind Einrichtungen erforderlich, mit denen die Plattenposition auf Grund der gefühlten Variationen in der vertikalen Plattenposition in der Nachbarschaft des Tonabnehmerwandlers kontrolliert werden kann. Die Plattenhöhe kann einheitlich über deren ganze Fläche variiert werden, oder nur in der Nachbarschaft des Tonabnehmerwandlers. Die notwendigen linearen oder Winkel-Bewegungen können über die Platte, den Plattenteller, den Antriebsmotor oder die ganze Antriebseinheit durchgeführt werden.

Ein repräsentativer Translations-Vertikalbetätiger, der an einen Tieftonlautsprecher mit flachem Konus erinnert, ist in Fig. 11 dargestellt. Ein metallener Teller 116 wird von der Antriebswelle 118 in Lager 120 abgestützt. Der Teller 116 ist hauptsächlich als Rotationsmasse vorgesehen, um Jaulen und Laufunregelmässigkeit zu reduzieren, und kann in einigen Konstruktionen in der Masse herabgesetzt oder sogar weggelassen sein. Die obere Fläche des Tellers 116 ist konisch, um einen leichten Plattenteller 122 aufzunehmen, der die Schallplatte trägt und der einen Indexstift 124 aufweist. Der Plattenteller 122 kann teilweise ausgehöhlt sein, mit der Abdeckung 126, um das Gewicht zu minimieren. Eine oder mehrere «Spinnen» oder Winkelsätze aus gewelltem Material 128 und 130 hängen den Plattenteller 122 an den Teller 116. Das gewellte Material kann ein leichtes Fasermaterial sein, wie es üblicherweise in Lautsprecheraufhängungen verwendet wird. Eine Stossstange 132, die durch die Mitte der Antriebswelle 118 hindurch verläuft und in einem Kugellager 134 läuft, wird mit einer beweglichen Spule 136 angetrieben, die Teil einer Antriebseinheit 138 mit beweglicher Spule bildet, die hier als

Bewegungswandler zum Verschieben der Stange 132 verwendet wird. Die Einheit 138 weist einen Permanentmagneten 140 und einen rohrförmigen Kern 142 auf, der vom Magneten 140 herabhängt, um eine Wicklung 136 in richtiger Relation zum Magneten zu tragen. Zwei Zuleitungen 144 und 146 werden vom Verstärker 98 (Fig. 10) gespeist. Federn oder andere Abstützeinrichtungen können vorgesehen sein, um das Gewicht der Plattentellereinheit auszugleichen und die Motoreinheit 138 vertikal zu zentrieren.

Der Plattenteller 122 besteht vorzugsweise aus sehr leichtem Material, beispielsweise Kunststoffschäum, um die Masse zu minimieren, die mit dem Wandler 138 bewegt werden muss. Auch die Flächenreibung von Stossstange und Antriebswelle wird so weit wie möglich reduziert, indem beispielsweise ein Lager aus Nylon oder ein anderes mit geringer Reibung verwendet wird. Solche Lagerungen können in einigen Konstruktionen weggelassen werden, speziell wenn eine zusätzliche Spinne am Boden der Stossstange 132 verwendet wird. Andere Arten von mechanischer Kupplung, beispielsweise Hydraulik und Pneumatik, können ebenfalls verwendet werden.

Die Antriebseinheit 138 ergibt vorzugsweise als Ausgang eine positive Verstellung für einen gegebenen elektrischen Signaleingang, dadurch werden mechanische Resonanzen des Systems vermieden. Diese Art des Betriebsverhaltens kann beispielsweise dadurch erhalten werden, dass die Motoreinheit selbst in ihre eigenen Servoschleife eingeschlossen wird, wobei vorzugsweise ein Motorpositionssensor wie 112 in Fig. 10 (und Fig. 11) und ein geeigneter Verstärker 114 vorgesehen werden. Stattdessen, wenn die Motoreinheit einfach eine praktische ungedämpfte Kraft liefert, dann ist es notwendig, eine entsprechende passive Dämpfung vorzusehen, das erfordert jedoch eine erhebliche Treibverstärkerleistung. Ein praktikableres Verfahren ist es zu gewährleisten, dass die Massen und Nachgiebigkeiten der Plattenspiereinheit eine Resonanzfrequenz ergeben, die entweder sicher unterhalb oder sicher oberhalb des interessierenden Frequenzbereiches liegt. Die Resonanzfrequenz kann beispielsweise zu etwa 50 Hz gesetzt werden, um ein gut kontrolliertes Verhalten bis zu etwa 20 Hz zu erhalten. Passive mechanische Dämpfung unter Verwendung visköser Materialien kann je nach Erfordernis verwendet werden. Diese Überlegungen gelten auch für die späteren Plattenteller-VNC-Ausführungsformen, die noch erläutert werden. Solche passive Kontrollverfahren für die Verstellung stören den Betrieb des Plattenspielers nicht, wenn der VNC abgeschaltet ist, das gilt jedoch nicht für die Tonarm-VNC-Ausführungsformen, die noch erläutert werden, bei denen elektronische Servos bevorzugt werden, so dass der Arm manuell gehandhabt werden kann und normal abtasten kann, wenn der VNC abgeschaltet ist.

Bei einer anderen Ausführungsform des Vertikalbetätigers gemäss Fig. 12 ist der Wandler 138 in einem zylindrischen Ausschnitt 148 eines modifizierten Tellers 116a angeordnet. Der Wandler 138 rotiert zusammen mit dem Teller 116a. Die Stossstange wird damit eliminiert, zusammen mit ihrer Masse und Reibung. Um die Antriebseinheit 138 mit Strom zu versorgen, sind jedoch zwei elektrische Schleifringe 150 oder andere elektrische Übertragungseinrichtungen vorgesehen.

Alternativen für den Vertikal-Translations-Mechanismus, der soeben beschrieben worden ist, sind darauf gerichtet, die Plattenhöhe nur in der Nachbarschaft des Tonabnehmerwandlers zu kontrollieren. Bei einem solchen Verfahren kann der Plattenteller kontrolliert geschwenkt oder gekippt werden, um eine Vertikalbewegung längs der Linie zu erhalten, die vom Tonabnehmereinsatz durchlaufen wird.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 13 befindet sich ein neigbarer Schallplatten-Trag-Plattenteller 122a im Abstand oberhalb eines metallnen Tellers 116b. Der Teller 116b ist nur

als Rotationsmasse vorgesehen, um, falls notwendig, Jaulen und schnelle Drehzahländerungen herabzusetzen, und kann in einigen Konstruktionen weggelassen sein. Der Plattenteller 122a hat einen nach unten konischen Ringteil 152, der mit dem Teller 116b zur Drehbewegung gekuppelt ist, ein Verschwenken oder Kippen des Plattentellers aber erlaubt. Die Antriebswelle 118a für den Teller 116b, die von einem geeigneten Antriebsmotor angetrieben wird, sitzt in Lagern 120a. Die Antriebswelle 118a ist in der Mitte hohl für einen Kippstab 132a, der im Plattenteller 122a und einem Indexstift 124 ausläuft. Die Kippstange 132a ist mit einer Drehverbindung 154 und einem Stab 156 mit einer Antriebseinheit 138 mit beweglicher Spule gekuppelt, wie sie oben beschrieben ist, die jedoch so angeordnet ist, dass eine Lateralbewegung dem unteren Ende des Stabes 132a erteilt wird, wodurch der Plattenteller 122a gekippt wird.

Stattdessen kann die ganze Plattenteller- und Antriebsmotor-Einheit relativ zum Tonarm und Tonabnehmereinsatz gekippt werden, wie bei der Ausführungsform nach Fig. 14A. Ein Plattenteller 158, der mit einem Motor 160 über eine Antriebswelle 162 angetrieben wird, wird von einer Unterbasis 164 abgestützt, die mit Druckfedern 166, 168 an einer Basis 170 abgestützt ist, an die die Arm- und Tonabnehmereinheit 172 montiert ist. Eine Wandlereinheit 138 mit beweglicher Spule bewegt in kontrollierbarer Weise ein Ende der Zwischenbasis 164, um den Plattenteller relativ zur Arm/Tonabnehmer-Einheit zu kippen.

Bei einer Variante der Anordnung nach Fig. 14A ist ein Verstell-Wandler so angeordnet, dass er den Plattenteller und die Antriebswelle, möglicherweise einschliesslich des Antriebsmotors, vertikal bewegt. Der Wirtschaftlichkeit halber kann der Verstell-Wandler als Teil des Antriebsmotors ausgebildet sein. Fig. 14B zeigt eine Anordnung, bei der der ganze Antriebsmotor und Plattenteller vertikal bewegt werden. Ein gewellter Ring 130a, ähnlich dem Material 130, hängt den Motor 160 an einen Ringträger 171 an der Unterbasis 164, um eine Vertikalbewegung zu erlauben.

Weitere Kipp-Ausführungsformen, die zum nachträglichen Einbau in vorhandene Plattenspieler-Konstruktionen geeignet sind, sind in Fig. 15A und 15B dargestellt. Ein konventioneller Plattenteller 164a, der mit einer Welle 162a angetrieben wird, trägt eine Kippflächeneinheit 174 auf seiner Oberseite. Die Einheit 174 weist ein Kipp-Plattenteller-Element 176 auf, das im allgemeinen die gleiche Ausdehnung hinsichtlich Grösse und Form wie der darunterliegende vorhandene Plattenteller 164a hat und einen erweiterten Umfang mit nach unten herabhängenden Kanten. Der Plattenteller 176 weist einen nach unten herabhängenden konischen Ringteil auf, der mit einem kegelförmigen Element 177, das über den Indexstift 179 am darunterliegenden Plattenteller 164a geschoben ist, in Berührung steht und die ausgedehnten Teile des Plattentellers 176 im Abstand über den darunterliegenden Plattenteller hält, um ein Kippen zu erlauben. Um eine Drehkupplung zwischen den Plattentellern zu erhalten, ist ein Ring 178 mit ausreichendem Gewicht und ausreichender Oberflächenreibung, um sicher mit der darunterliegenden Plattentelleroberfläche zu kuppeln, an einen ausgehöhlten Unterteil des Plattenspielers 176 mit Einrichtungen 180 gekuppelt, die in Drehrichtung steif, jedoch für Kippbewegungen nachgiebig sind. Gewelltes Material, wie oben in Verbindung mit Fig. 11 und 12 beschrieben, ist geeignet. Die nach unten herabhängenden Kanten 182 des oberen Plattentellers sind metallisch, so dass ein Elektromagnet 184, der so angeordnet ist, dass er in kontrollierter Weise an einer Stelle an der Kante ziehen kann, die Neigung des Plattentellers kontrolliert.

In Fig. 15B liegt ein alternativer Kippmechanismus 183 an der Oberseite einer Platte 185 an, dieser wird in Position gebracht, nachdem die Platte auf den Plattenteller aufgelegt

ist. Ein Linearmotor 138, wie er in Verbindung mit Fig. 13 beschrieben ist, sorgt für die erforderliche Schwenkwirkung durch ein Drehgelenk 154.

Zwecks nachträglichem späteren Einbau von solchen Verwerfungs-Kompensationseinrichtungen können die Verwerfungen selbst angenähert an der Plattenkante abgefühlt werden, im wesentlichen an einer Stelle, wo der Tonabnehmer über die Platte hinübergeht, wobei eine Lampen-Fotozellen-Einheit 192 verwendet wird. Diese Abfühllösung ist am genauesten an den Plattenkanten, wo Verwerfungen am grössten sind. Andere Abfühleinrichtungen, wie sie oben beschrieben sind, können benutzt werden, wenn eine grössere Genauigkeit erwünscht ist.

Ein Vorteil eines Plattenwiedergabesystems unter Verwendung von Plattenteller-VNC, insbesondere solche mit vertikaler Translation wie in Fig. 11, 12 und 14B, ist die mögliche Verwendung eines Tonarms, der im wesentlichen vertikal fixiert ist und so montiert ist, dass er sich nur lateral relativ zur Platte bewegen kann. Dadurch wird die Bezugswegabführung vereinfacht, was in direkter Weise erfolgen kann, wie in Fig. 4A und 4B. Es folgt auch, dass, wenn Schwenken entweder dazu verwendet wird, eine restliche Vertikalbewegung der Platte zu berücksichtigen, oder dazu, die Nadel auf die Platte zu setzen, der Schwenkzapfen sehr nahe an den Tonabnehmereinsatz herangebracht werden kann, ohne dass befürchtet werden muss, dass Verwerfungs-Jaulen eingeführt wird. Gewünschtenfalls kann der Vertikalbetätiger so gesteuert werden, dass er Eingriff und Lösung von Platte und Tonabnehmereinsatz bewirkt. Der Vertikalbetätiger kann damit die Notwendigkeit für einen automatischen Hebemechanismus eliminieren, der dem Tonarm zugeordnet ist. Die praktische Beseitigung von Plattenverwerfungen durch Plattenteller-VNC-Wiedergabeanlagen wird von einer entsprechenden Herabsetzung der vielen Probleme begleitet, die oben in Verbindung mit Verwerfungen erwähnt worden sind. Darüber hinaus macht die effektive Existenz von verwerfungsfreien Platten die Konstruktion von Tonarmen, Tonabnehmer-Wandlern, und Tonabnehmer-Nadeln möglich, die diesen Betriebszustand berücksichtigen. Beispielsweise wird es leichter, die Konstruktion eines gekröpften Tonarmes zu optimieren, der sich im wesentlichen nur in lateraler Richtung bewegt. Die reduzierte Auflagekraft und maximale Auslenkung der Nadel resultiert in einem anderen Satz elektromechanischer Parameter für die Tonabnehmereinsatz-Konstruktion. Diese letztere Beobachtung gilt auch für Tonarm-VNC-Wiedergabeanlagen, die im folgenden beschrieben werden.

Bekannte Rückkopplungs-Tonarmsysteme sind in der in Fig. 16A und 16B dargestellten Weise ausgelegt. Der Vertikalbetätiger des Tonarmes ist ein elektromechanischer Wandler, der so angeordnet ist, dass er an den Tonarm oder den Tonabnehmereinsatz in einer Richtung senkrecht zur Plattenoberfläche eine Kraft anlegt aufgrund eines elektrischen Signals vom Sensor und Verstärker. Eine weitere Motoreinheit kann dazu verwendet werden, im wesentlichen das gleiche auf einer horizontalen Basis auszuführen (oder 45°/45°).

Bei einer bekannten Version gemäss Fig. 16A ist ein Tonarmsensor so angeordnet, dass er die Vertikalgeschwindigkeit des Tonarms überwacht, die Gegenkopplungsschleife wirkt dabei als Dämpfung für den Tonarm. Die Dämpfung hängt von der Schleifenverstärkung ab, die nicht so hoch sein darf, dass sie die Abtastung von Verwerfungen stört, die passiv abgetastet werden. Das Gesamtergebn ist, dass Tonarm/Tonabnehmer-Resonanzeffekte reduziert werden, dass die Rückkopplungsschleife aber nicht direkt in das Abtasten der Plattenoberfläche eintritt.

Bei anderen bekannten Versionen gemäss Fig. 16B besteht der Versuch darin, eine Servoschleife dazu zu verwenden, die Verwerfungen aktiv abzutasten. Der Abstand zwischen

Tonarm und Plattenoberfläche wird entweder mit einem getrennten Wandler oder über das Tonabnehmerausgangssignal überwacht. Dieses Signal schliesst Arm/Tonabnehmer-Resonanzcharakteristiken ein; die ungewissen und schnellen Änderungen von Schleifenphase und -verstärkung im Bereich der Resonanz machen eine Kompensation schwierig, begrenzen die Schleifenverstärkung, die verwendet werden kann, und stören ernsthaft die Wirksamkeit der Servowirkung. Die bekannten Rückkopplungs-Tonarmtechniken sind deshalb nur teilweise wirksam bei der Behandlung von Problemen der Plattenverwerfung.

Verbesserte Tonarmsysteme gemäss der Erfindung sind in Fig. 17, 18 und 19 dargestellt. Fig. 17 und 18 verwenden die verbesserten direkten und indirekten Abweichungsfühlmethoden gemäss Fig. 3A bzw. 3B, die effektiv die Effekte mechanischer Arm/Tonabnehmer-Resonanz vom Abweichungssignal eliminieren. Die Ausführungsform nach Fig. 19 arbeitet mit einer doppelten geschlossenen Schleife in der Weise, dass dafür gesorgt wird, dass die abgefühlte Bezugsweg-Arm-Information im wesentlichen die gleiche ist wie die Bezugsweginformation, so dass Resonanzeffekte eliminiert werden. In einigen dieser Ausführungsformen sind sowohl Vertikal- als auch Lateral-Betrieb (oder 45°/45°) möglich, der Einfachheit halber soll die folgende Beschreibung nur auf den Vertikalbetrieb beschränkt bleiben.

Die Ausführungsform nach Fig. 17 arbeitet mit einer offenen Schleife und direkter Abfühlung des Bezugsweges über einen Wandler 8, der unabhängig von Vertikalbewegungen des Tonabnehmers ist; diese Sensorart ist in Fig. 4A und 4B illustriert. Die Bezugsweginformation wird im Verstärker 196 verstärkt und dem Vertikalbetätiger 89 für den Tonarm (Tonabnehmer) zugeführt, bei dem es sich um eine Antriebseinheit mit beweglicher Spule wie bei den Rückkopplungstonarmen des Standes der Technik handeln kann. Die Signalpolarität und die Verstärkung werden so eingestellt, dass ein Vertikaltrieb für den Tonabnehmerkörper erhalten wird, der den Verwerfungs- und Rumpel-Wellungen der Plattenoberfläche entspricht, ein Zustand, der zu einem Ausgang Null, oder wenigstens einem minimalen Ausgang, vom Signal-Tonabnehmer wenigstens im Verwerfungsfrequenzbereich führt. Je nach der Verstärkungseinstellung kann das System Vertikalfehler auch unterkorrigieren oder überkorrigieren. Wenn die Verstärkung mit der Verstärkungsregelung 198 optimal eingestellt ist, kann das System eine Korrektur durch und über den Arm/Tonabnehmer-Resonanzfrequenzbereich nur dann durchführen, wenn die Armverstellungen positiv mit dem Bezugsweginformationssignal in Beziehung stehen. Das heisst, der Arm muss gedämpft werden, entweder mechanisch oder elektrisch, so dass die Arm-Tonabnehmer-Resonanz eliminiert wird und ein positiver Verstelleffekt erreicht wird. Die oben in Verbindung mit den Plattenteller-VNC-Ausführungsformen diskutierten Betrachtungen hinsichtlich Betätigungs-dämpfung und/oder Servo sind auch hier relevant. Ein Beispiel für eine Servoschleife 200 um den Tonarmvertikalbetätiger ist im rechten Teil der Fig. 17 dargestellt und weist einen Sensor 80 für die Tonarmvertikalbewegung (der Wandler ist von der Art, die in Verbindung mit Fig. 4B beschrieben ist, jedoch so angeordnet, dass er Vertikalbewegung des Tonarms abfühlt), einen Verstärker 202, einen Addierer/Subtrahierer 204 und einen Betätigertreibverstärker 206 auf. Die Verstärkung und andere Charakteristiken der Schleife 200 werden so eingestellt, dass ein gutes Gesamtkompensations-Verhalten für Verwerfungen und Rumpel bis zu etwa 20 Hz erreicht wird, während höhere Frequenzen der Bezugsweginformation bei 208 abgezapft und zweckmässigerweise in einem Vorverstärker-VNC verwendet werden, wie noch erläutert wird. Es ist zu erwähnen, dass der Betätigerservo 200 isoliert ist und nur dazu benutzt wird, einen positiven Verstelleffekt in der

Erfindung zu erhalten, so dass erheblich höhere Werte der Verstärkung der Schleife 200 verwendet werden können als bei den bekannten Anordnungen mit geschlossener Schleife. Die erste erwähnte bekannte Ausführungsform verwendet die Betätigerschleife nur zum Dämpfen des Tonarms und nicht als Teil eines Gesamt-Servo-Systems. Die anderen bekannten Schleifen schliessen die Arm/Tonabnehmertransfercharakteristik ein, so dass die nutzbare Verstärkung vor Oszillation stark begrenzt ist.

Der Schalter 212 erlaubt eine Öffnung der Schleife 200, um das System zu Prüf- oder Demonstrations-Zwecken zu deaktivieren. Eine Anzeigeeinrichtung 108 erlaubt es, die Bezugsweginformation zu beobachten.

Tonarm-VNC-Ausführungsformen können Wechselstrom-gekoppelt, galvanisch gekoppelt oder eine Kombination von beidem sein. Eine Vorspannungsregelung (wie 210 in Fig. 17) kann dazu verwendet werden, die Nadelkraft einzustellen und/oder die Nadel anzuheben und abzusenken. In reinen Wechselstromsystemen kann die Auflagekraft mechanisch festgelegt werden, wie bei konventionellen Tonarmen; eine Vorspannungsregelung kann jedoch wahlweise dazu verwendet werden, um das Abweichungssignal oder Fehlersignal für das Anheben und Absenken zu überlaufen.

Fig. 18 zeigt einen weiteren Tonarm-VNC mit offener Schleife, bei dem ein Bezugsweginformation-Ableitsystem der indirekten Art gemäss Fig. 3B verwendet wird. Die Verstärkungen der Verstärker 214 und 214a sind so eingestellt, dass sie den Bedingungen gemäss Fig. 3B entsprechen, so dass im wesentlichen reine Bezugsweginformation erhalten wird, die durch Arm/Tonabnehmer-Resonanz-Effekte nicht verschlechtert ist. Der Betrieb des Systems ist im wesentlichen der gleiche wie der des Systems mit offener Schleife nach Fig. 17. Unterkorrektur, Überkorrektur oder optimale Korrektur kann erhalten werden, je nach Einstellung der Verstärkungs-kontrolle.

Wie bei dem System nach Fig. 17 gibt es keine speziellen Schranken für die Verstärkung oder andere Eigenschaften der Tonarmbetätiger-Servoschleife 200. Eine Betätigerdämpfung ist nur dazu erforderlich, effektive Verwerfungs- und Rumpel-Kompensation zu gewährleisten, nicht aber um Oszillationen zu verhindern. Die Verstärkung der Schleife 200 wird deshalb so eingestellt, dass eine ausreichende Dämpfung oder ein positiver Verstelleffekt auf den Vertikalbetätiger ausgeübt wird, um eine gute Verwerfungs- und Rumpel-Kompensation im interessierenden Frequenzbereich (beispielsweise bis zu 20 Hz) zu erhalten.

Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann es sich bei den Tonarmsensoren 80 und 80a um den gleichen Sensor handeln. In gleicher Weise können die Verstärker 202 und 214 der gleiche Verstärker sein, wobei eine Dämpfung vorgesehen wird, soweit das erforderlich ist, um für geeignete Pegel (Verstärkungen) an den Eingängen der Kombinierschaltungen 216 und 204 zu sorgen.

Fig. 19 zeigt eine Version eines Tonarm-VNC, bei dem das Verwerfungs- und Rumpel-Abweichungssignal selbst in eine Gegenkopplungsschleife eingeschlossen ist. Die Schleife sorgt automatisch für Tonarmbewegungen, die denen der Plattenoberfläche entsprechen. Wie bei den früheren Ausführungsformen ist es wichtig, dass das korrekte Abweichungssignal verwendet wird – d.h. Bezugsweginformation ohne Störung durch Arm/Tonabnehmer-Resonanzeffekte.

Es soll der Betrieb des Systems nach Fig. 19 betrachtet werden, wenn die Aussenschleife 201 am Punkt A unterbrochen wäre. Der Arm würde stationär durch den ganzen zu berücksichtigenden Frequenzbereich (0,5 Hz bis 20 Hz) bleiben, sofern in der Vertikalbetätiger-Servoschleife (innere Schleife 200) ausreichende Verstärkung verwendet wird; die Verstärkungen der Verstärker 202 und 206 beispielsweise kön-

nen so eingestellt werden, dass diese Bedingung erfüllt wird, ohne dass Oszillation befürchtet werden muss, weil innerhalb der inneren Schleife keine ungewöhnlichen, Schwingungen hervorrufenden Elemente vorhanden sind. Unter dieser Bedingung ist der Ausgang des Bezugsweg-Arm-Sensors reine Bezugsweginformation. Wenn die Aussenschleife dann am Punkt A geschlossen wird, folgt der Arm dem Bezugsweg, jedoch mit einer Amplitude, die von der Gesamtverstärkung der Aussenschleife abhängt. Die Verstärkung des Verstärkers 218 kann so eingestellt werden, dass der gewünschte Reduktionsfaktor im Ausgang vom Bezugsweg-Sensor erhalten wird, der, wie ausdrücklich hervorzuheben ist, reine Bezugsweginformation, aber mit einer reduzierten Amplitude liefert. Dies beseitigt die Probleme der bekannten Tonarm-Rückkopplungssysteme (Fig. 16B), indem effektiv die störende Arm/Tonabnehmer-Transfercharakteristik aus der Rückkopplungsschleife eliminiert wird, so dass der Arm vom Bezugsweg betätigt wird und diesem folgt.

Fig. 20 zeigt ein Funktionsblockschaltbild von Tonabnehmer-VNC-Ausführungsformen. Verwerfung, Rumpel und Formkornrauschen von der Hauptnadel (Rille-Arm-Sensor 220) werden vom Ausgangssignal in der einen oder anderen Weise durch die Anordnung 222 ausgelöscht, die beispielsweise mechanischer, magnetischer oder elektrischer Natur sein kann, wobei die Fehler- oder Abweichungsinformation verwendet wird, die vom Bezugsweg-Arm-Sensor 224 geliefert wird. Das wird vorzugsweise vollständig innerhalb einer einheitlichen Doppelnadel-Tonabnehmereinheit durchgeführt. Die Betriebsparameter können damit vom Tonabnehmerhersteller fixiert und voreingestellt werden, so dass die Installation sowohl als Erstinstallation als auch als Ersatzinstallation einfach ist.

Der Bezugsweg-Arm-Sensor 224 kann irgendeiner der Sensoren sein, die oben in Verbindung mit Fig. 5 bis 9 besprochen wurden. Zwei unabhängige Sätze von Wandlern 226 und 228 (beispielsweise Magnete und Spulen) können innerhalb des Tonabnehmereinsatzes vorgesehen sein, wie schematisch in Fig. 21A und 21B dargestellt, die beispielhafte Kombinations-Zwischenverbindungen zeigen. Die Wandlerausgänge können ferner unterteilt werden, um Links- und Rechts-Signalen Rechnung zu tragen. Ein elektrisches oder mechanisches Tiefpassfilter kann vorgesehen sein (beispielsweise ein 300-Hz-Tiefpass) mit externer Kontrolle der Charakteristiken, falls gewünscht, um Nicht-Rumpel- oder Nicht-Formkornrauschen-Komponenten zu reduzieren, die von der zweiten Nadel gefühlt werden, die durch Kratzer oder rauhe Rillenkanten verursacht sein können. Bezugsweginformationsanschlüsse gemäss Fig. 20 und 21 können vorgesehen sein, so dass niederfrequente Komponenten von Plattenteller-VNC oder Tonarm-VNC-Ausführungsformen ausgenutzt werden können.

Bei einer weiteren Version, beispielsweise in Fig. 22 gezeigt, ist der Schaft 72 der zweiten Nadel statt mit einem geeigneten Wandler mit den Statorkomponenten des Signalwandlers gekoppelt, so dass Rumpel-Information, die von der zweiten Nadel 70 abgefühlt worden ist, Rumpel-Information auslöscht, die von der Hauptnadel 44 gefühlt worden ist. Das heisst, für Rumpel-Frequenzen ergibt sich keine Relativbewegung zwischen beispielsweise dem Eisen oder Magneten 230 und den Spulen 232. Verschiedene andere analoge Auslöschanordnungen können verwendet werden, wobei bewegliche Spulen, bewegliches Eisen, bewegliche Magnete und dergleichen verwendet werden können. Zwei gleiche Anker Elemente können die gleiche Statorumgebung nutzen, beispielsweise

wie zwei Spulen, die jede mit ihrer Nadel assoziiert sind, ein gemeinsames Magnetfeld nutzen.

Die oben erwähnten Statorkomponenten des Signalwandlers können den Einsatzkörper selbst umfassen. Zur optimalen Rauschauslöschung soll jedoch die von der zweiten Nadel bewegte Masse so klein wie möglich sein. Die Signalnadel und die zweite Nadel haben also vorzugsweise unabhängige nachgiebige Verbindungen 231 und 233 zum Tonabnehmerkörper. Zur optimalen Abtastung sorgt die zweite Nadel vorzugsweise für den geringeren Teil der gesamten Tonabnehmer-Abtastkraft und den kleineren Teil der gesamten Vertikalsteifigkeit.

Weitere mechanisch gekoppelte Anordnungen sind möglich, bei denen die Bewegungen der zweiten Nadel entsprechende Bewegungen der Hauptnadel auslöschen. Ein Beispiel ist in Fig. 23 dargestellt, wo eine U-förmige Nadelspitze 74 teilweise die Hauptnadelspitze 44 umgibt. Ein A-förmiger Schaft 234 verbindet die Spitze 74 mit zwei Elementen 274 und 276, die relativ zum Tonabnehmereinsatz fixiert sind. Der Hauptnadelschaft 42 ist am Querstück des Schaftes 234 am Punkt 278 befestigt. Das ferne Ende des Schaftes 42 ist mit einem konventionellen Magneten oder Eisenstück 242 verbunden, das mit Spulen 244 zusammenarbeitet. Im Betrieb spricht die zweite Nadel 74, die auf mehr als einem Inselbereich in der Nachbarschaft der Rille reitet, in die die Hauptnadelspitze 44 eingreift, auf Rumpel-Frequenzkomponenten an und löscht Bewegungen des Magneten 242 durch entsprechende Antworten der Hauptnadel aus.

Das Bezugsweg-Arm-Signal kann mit dem Hauptnadel-Signal in elektronischer Weise kombiniert werden, wie in Fig. 24 dargestellt. Diese Ausführungsform funktioniert im wesentlichen auf die gleiche Weise wie der oben beschriebene Tonabnehmer-VNC und ist hauptsächlich anwendbar an Sensoren der in Fig. 4A, 4B und 5 gezeigten Art, oder an getrennten Wandlerversionen gemäss Fig. 6 bis 9. Jeder Sensor hat einen zugehörigen Vorverstärker 244 bzw. 246. Die Null-Regelung 250 wird so eingestellt, dass sich eine optimale Störauslöschung im Kombinerer 248 ergibt. Gewünschtenfalls können elektrische Filterung, Signalverzögerungskorrektoren oder andere Verarbeitungselemente in eine oder beide Signalketten eingesetzt werden, um die Störherabsetzungseffekte unter allen Betriebsbedingungen zu optimieren. Beispielsweise kann ein Entstörer für vorübergehende Störungen 252 dazu verwendet werden, «Pops» und «Clicks» zu reduzieren, die durch Kratzer auf der Platte oder dergleichen verursacht werden.

Das Signal auf der wiedergegebenen Platte kann in Form der elektronischen Rauschunterdrückung codiert sein, beispielsweise unter Verwendung einer Kompression der höheren Frequenzen, um höherfrequentes Rauschen bei der Wiedergabe zu reduzieren, indem eine Expansion der höheren Frequenzen mittels des unter der Bezeichnung «Dolby B» bekannten Systems verwendet wird. Eine solche Hochfrequenz-Rauschherabsetzung ist psycho-akustisch am effektivsten, wenn sie mit einer Niederfrequenz-Plattenrausch-Herabsetzung kombiniert wird, wie es durch die verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen ermöglicht wird. Das System nach Fig. 24 kann für die Wiedergabe einer nach Dolby B codierten Platte sorgen, indem wahlweise ein Decodierer 256 vom Typ Dolby B vorgesehen wird, vorzugsweise im Anschluss an den Subtrahierer 248, oder, weniger günstig, in der Signalkette der Blöcke 220 und 244 vor dem Subtrahierer 248.

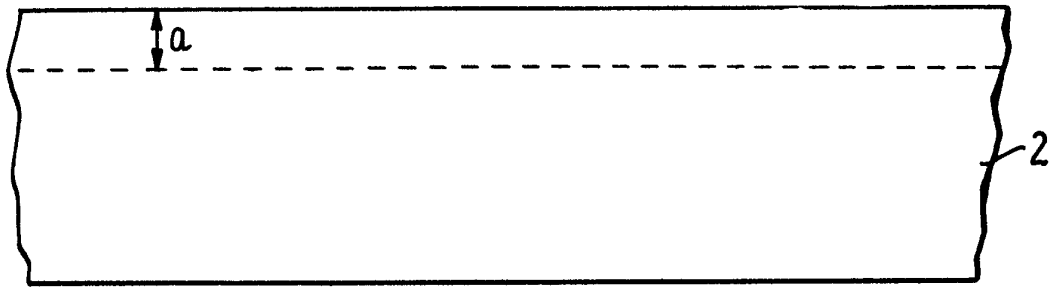


FIG. 1A.

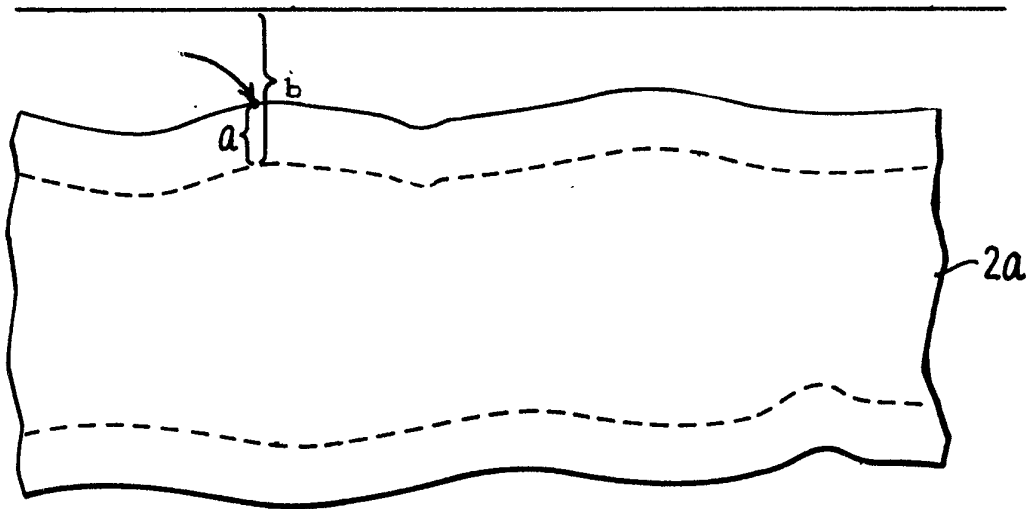


FIG. 1B.

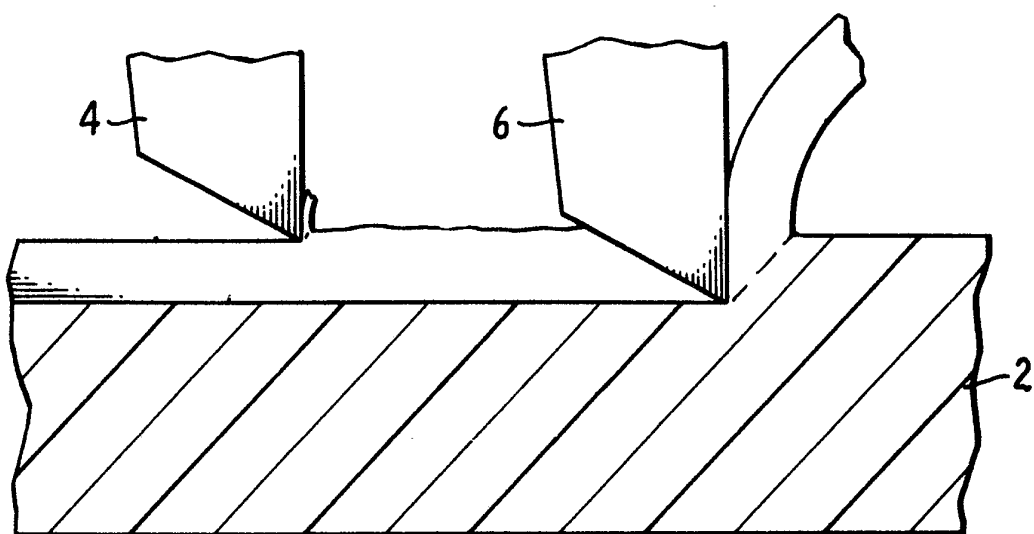
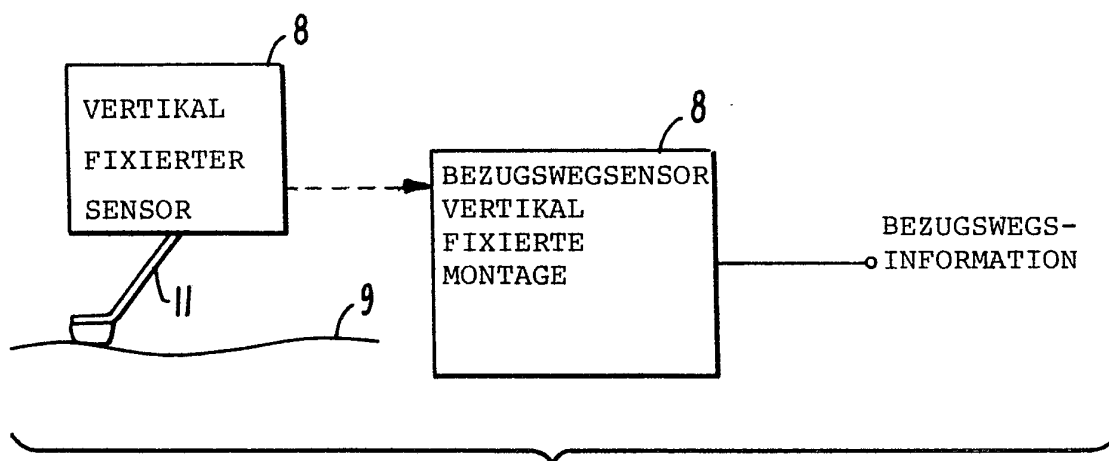
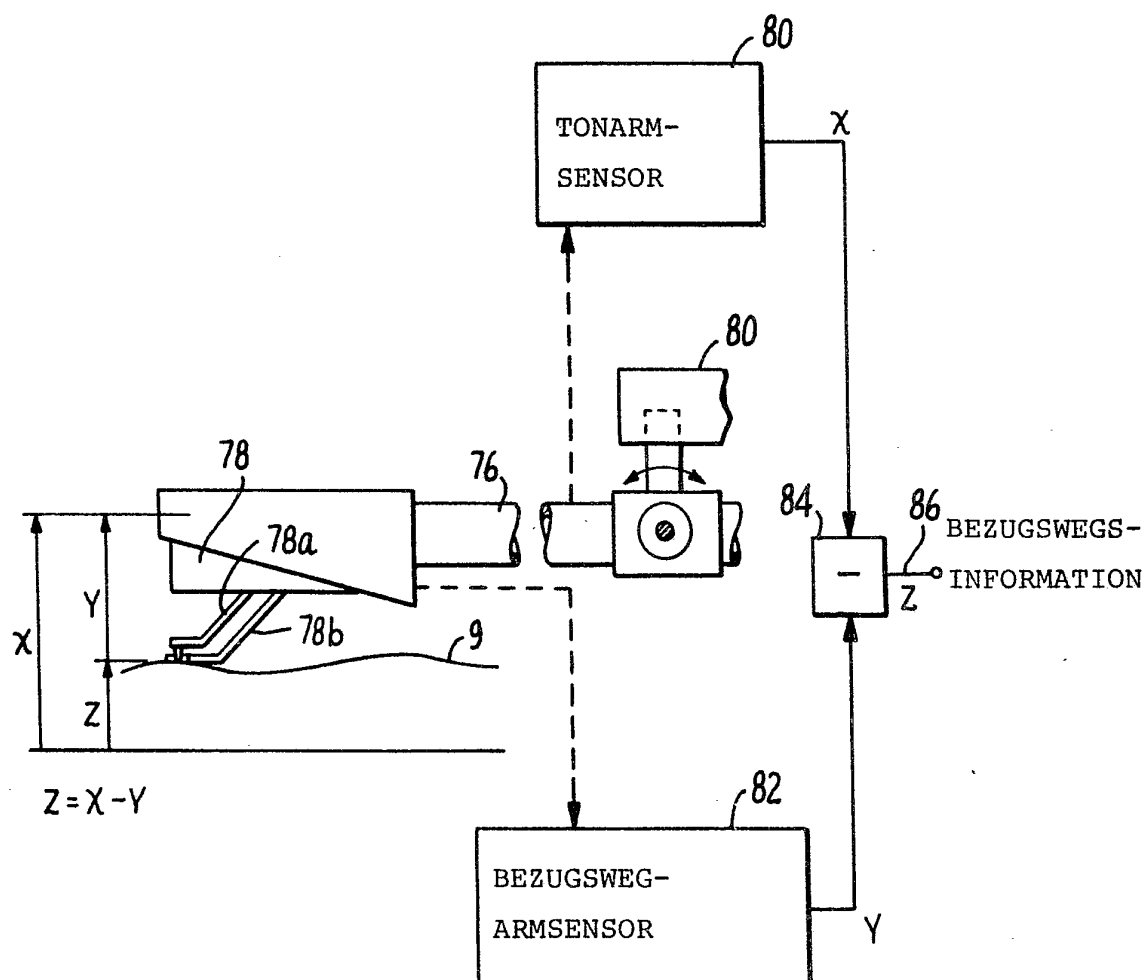


FIG. 2.

**FIG. 3A.****FIG. 3B.**

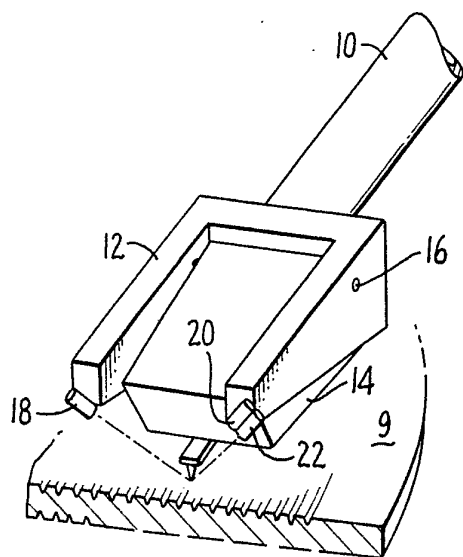


FIG. 4A.

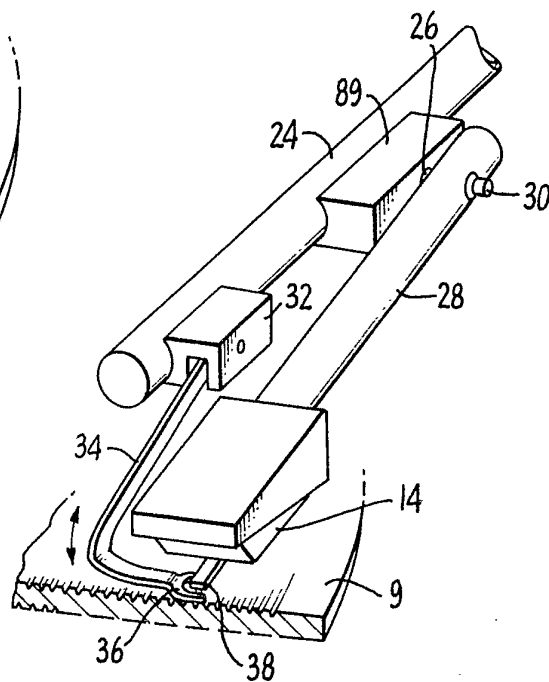


FIG. 4B.

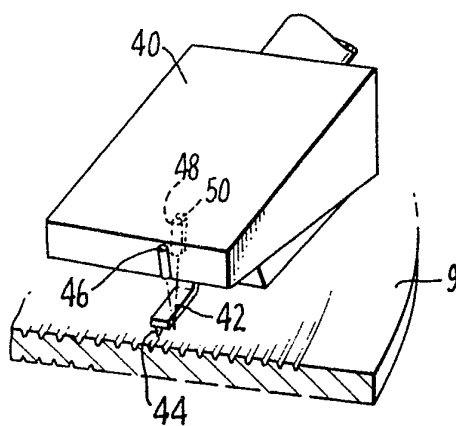


FIG. 5.

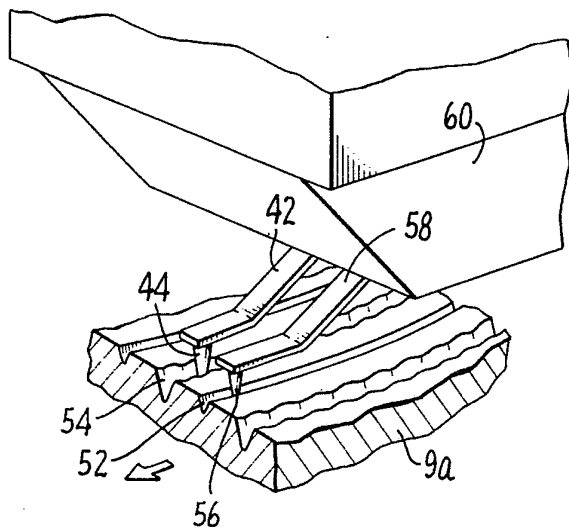


FIG. 6.

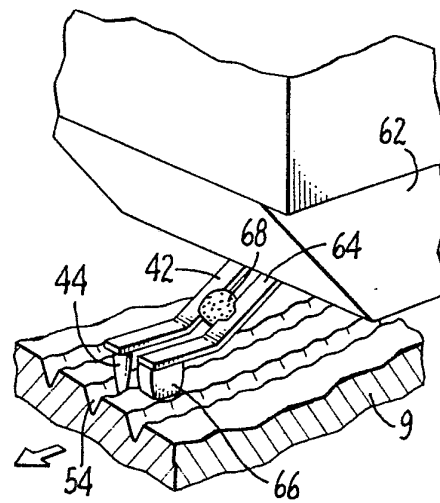


FIG. 7.

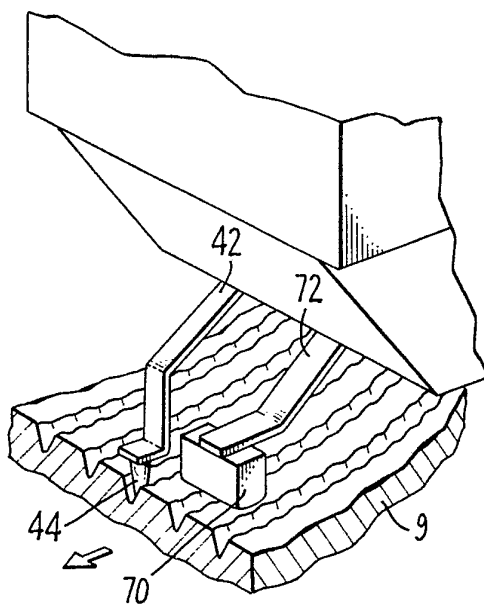


FIG. 8.

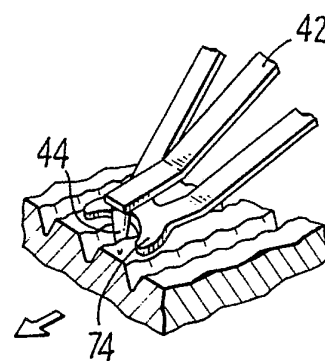


FIG. 9.

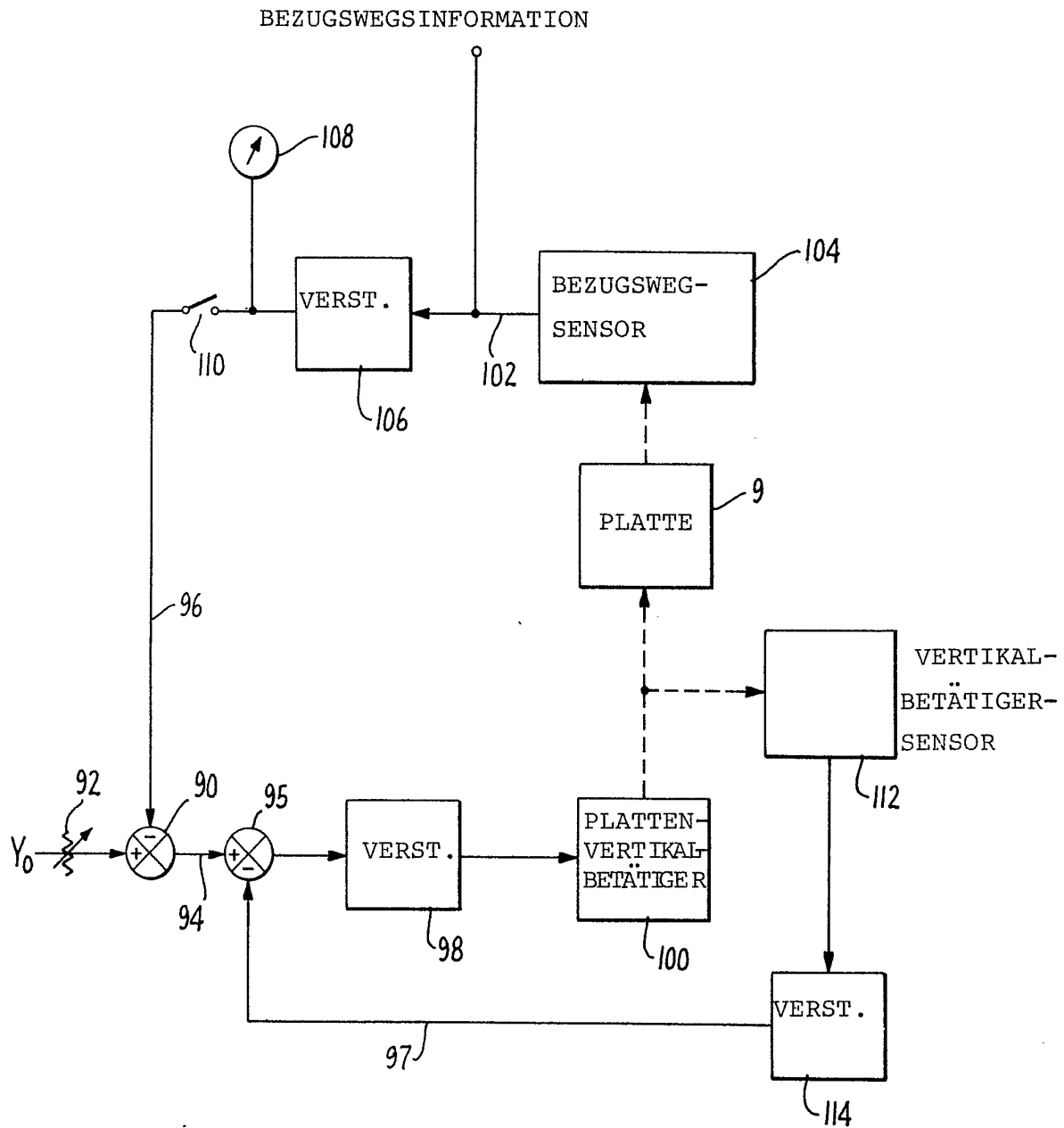
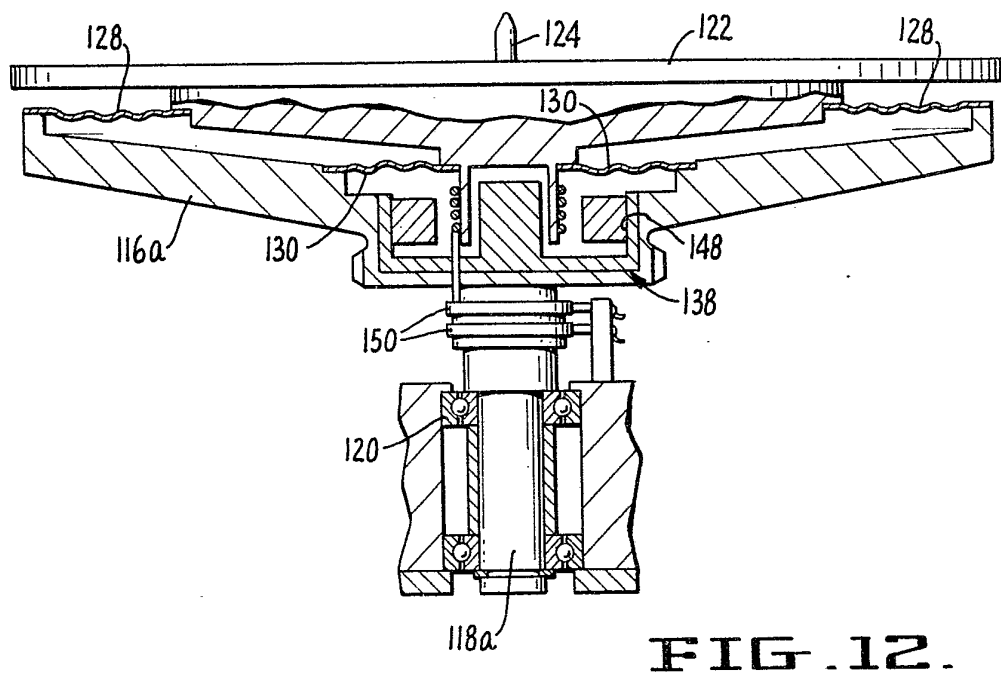
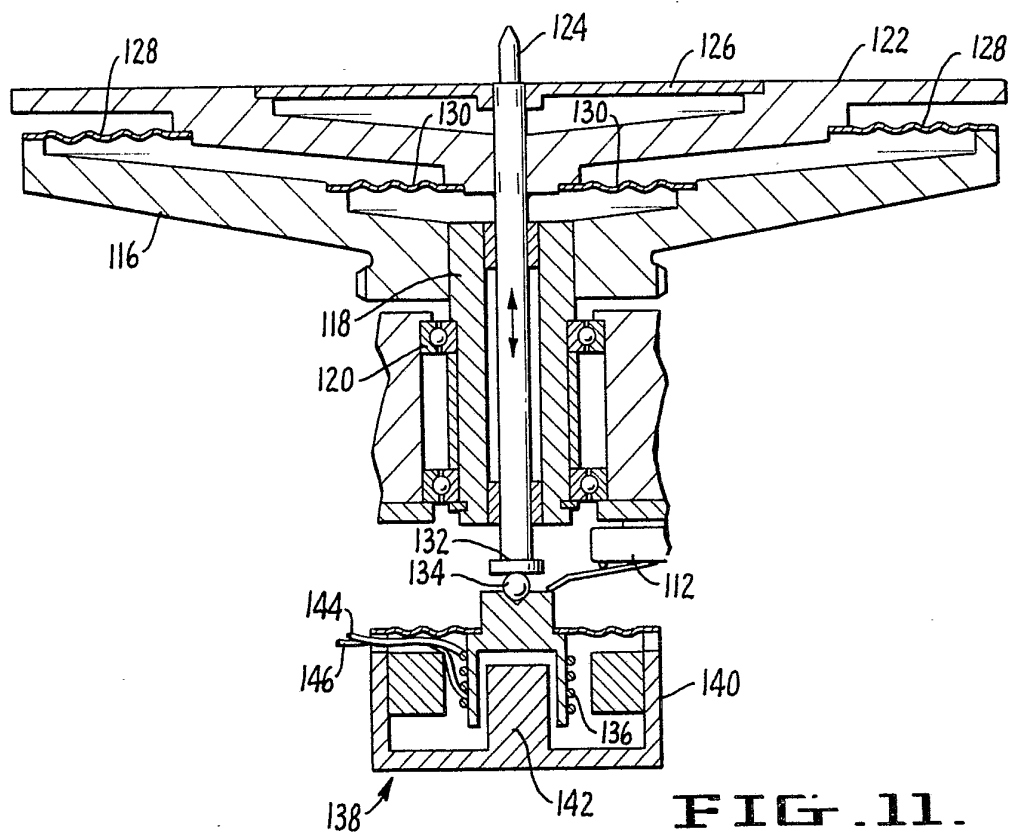


FIG. 10.



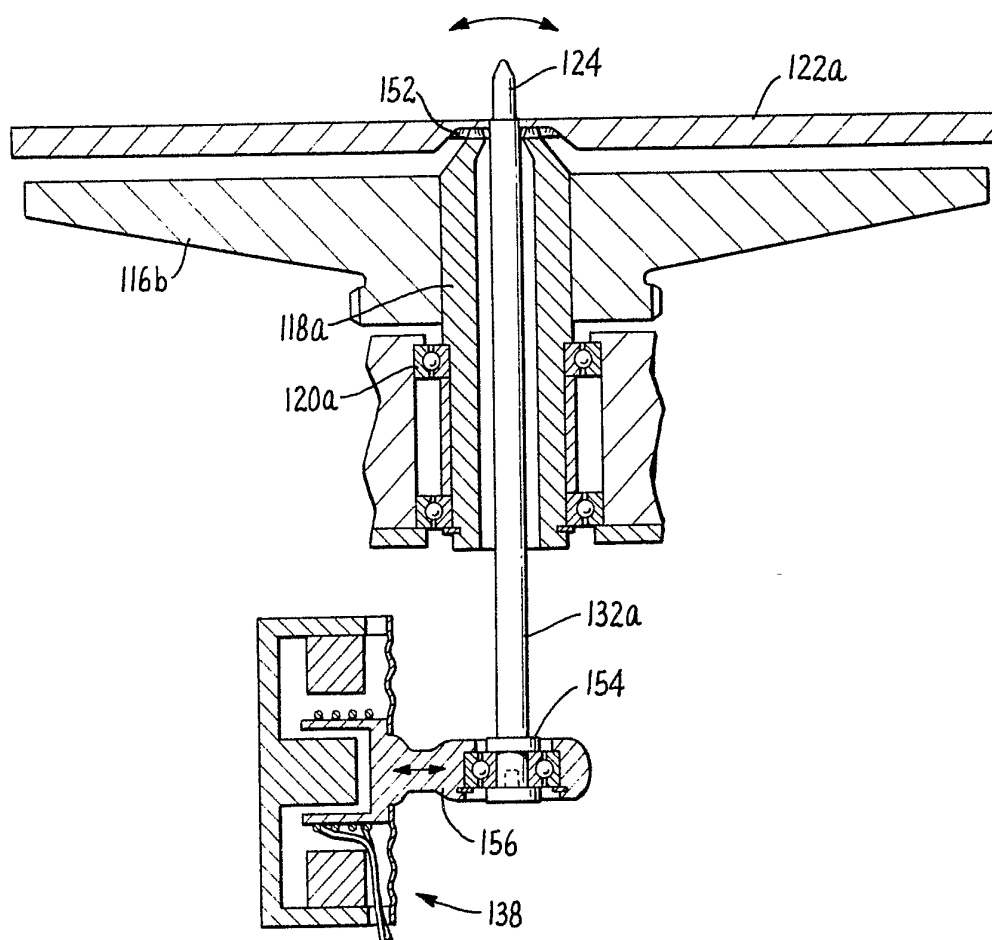


FIG. 13.

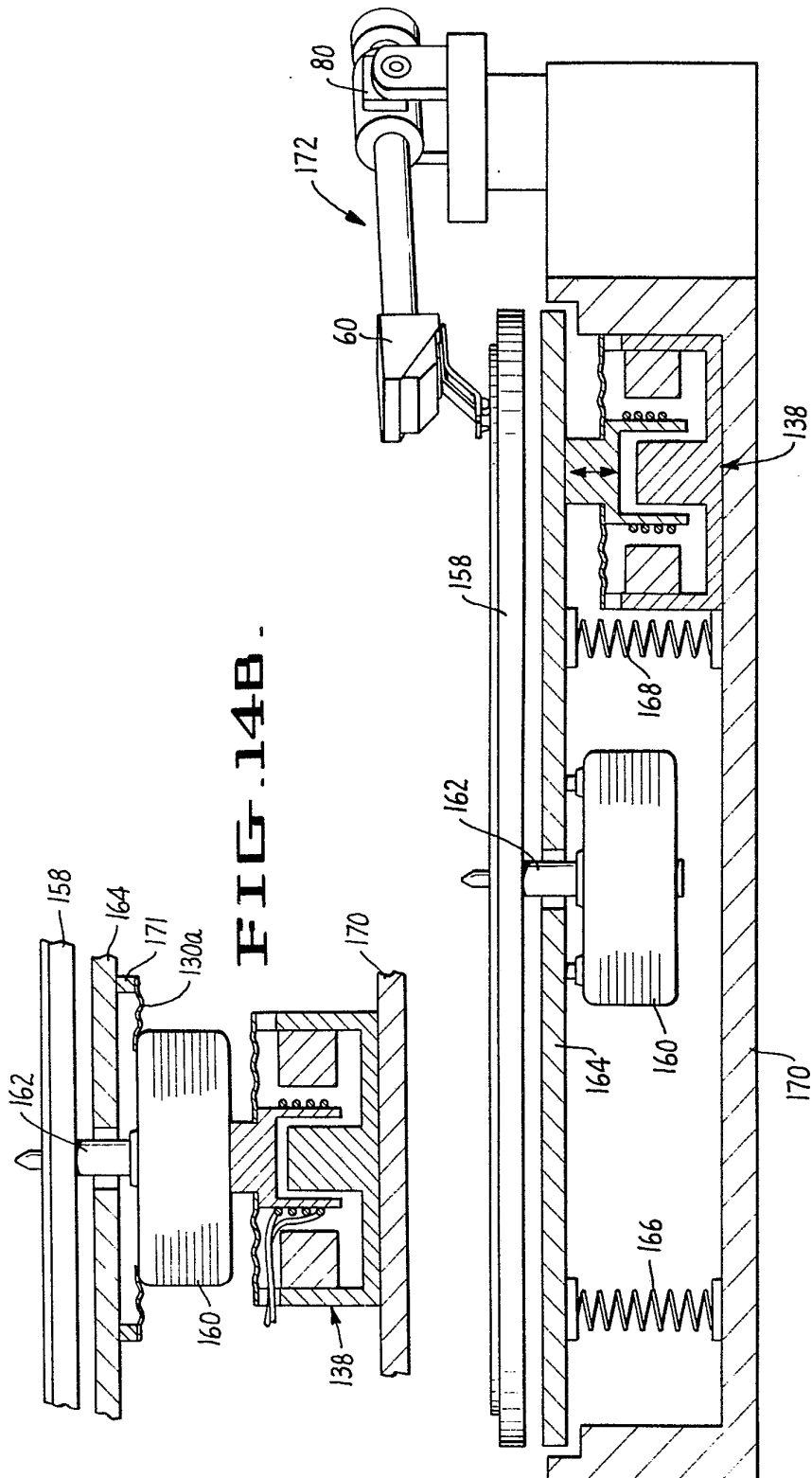


FIG. 14A.

FIG. 14B.

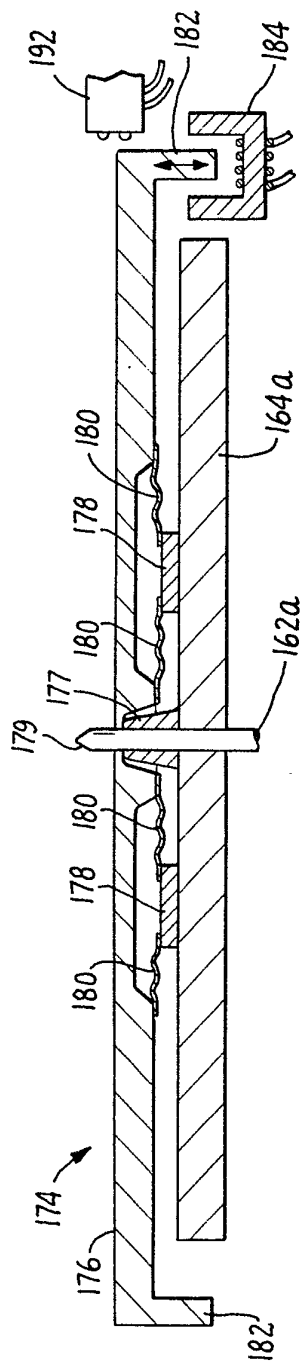


FIG. 15A.

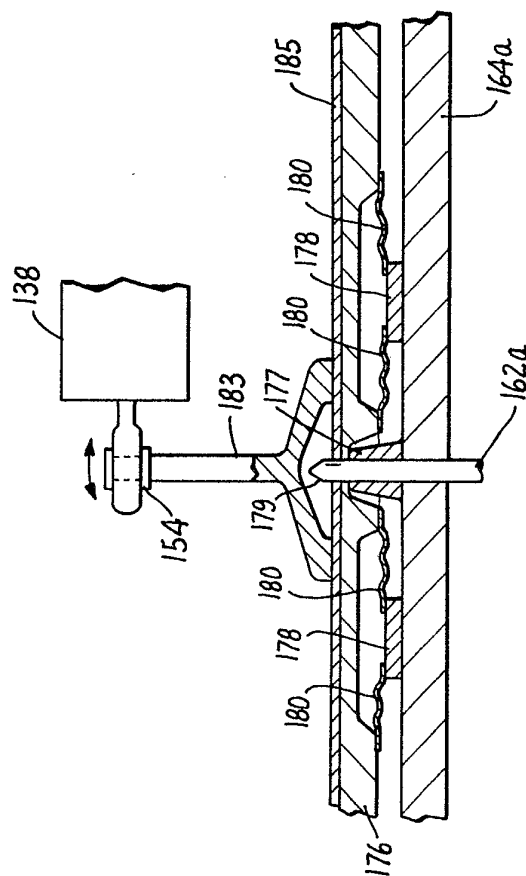


FIG. 15B.

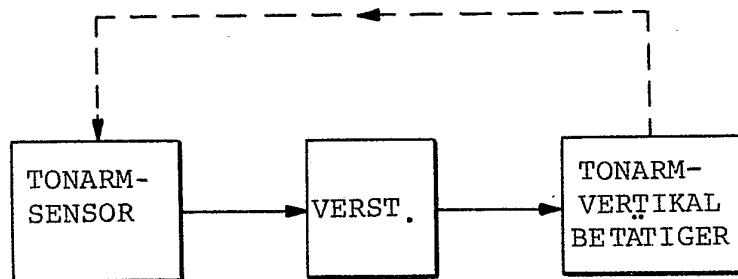


FIG. 16A.

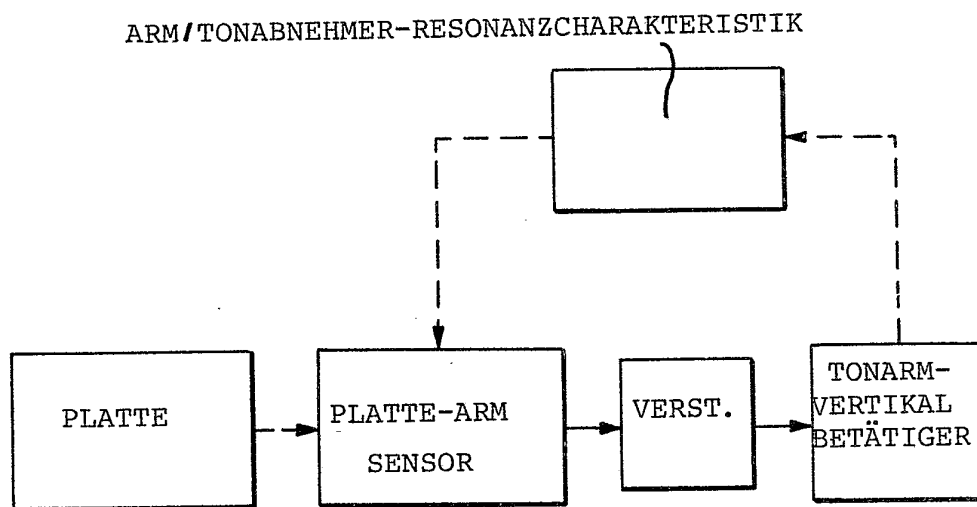


FIG. 16B.

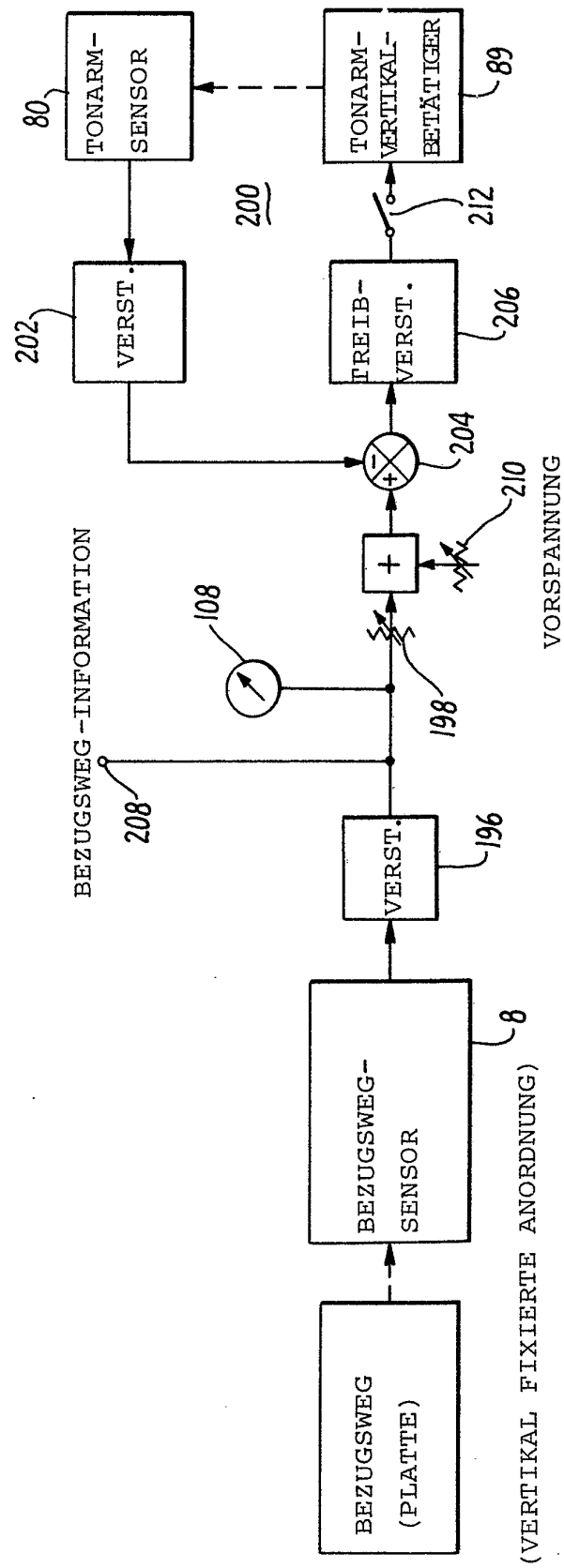
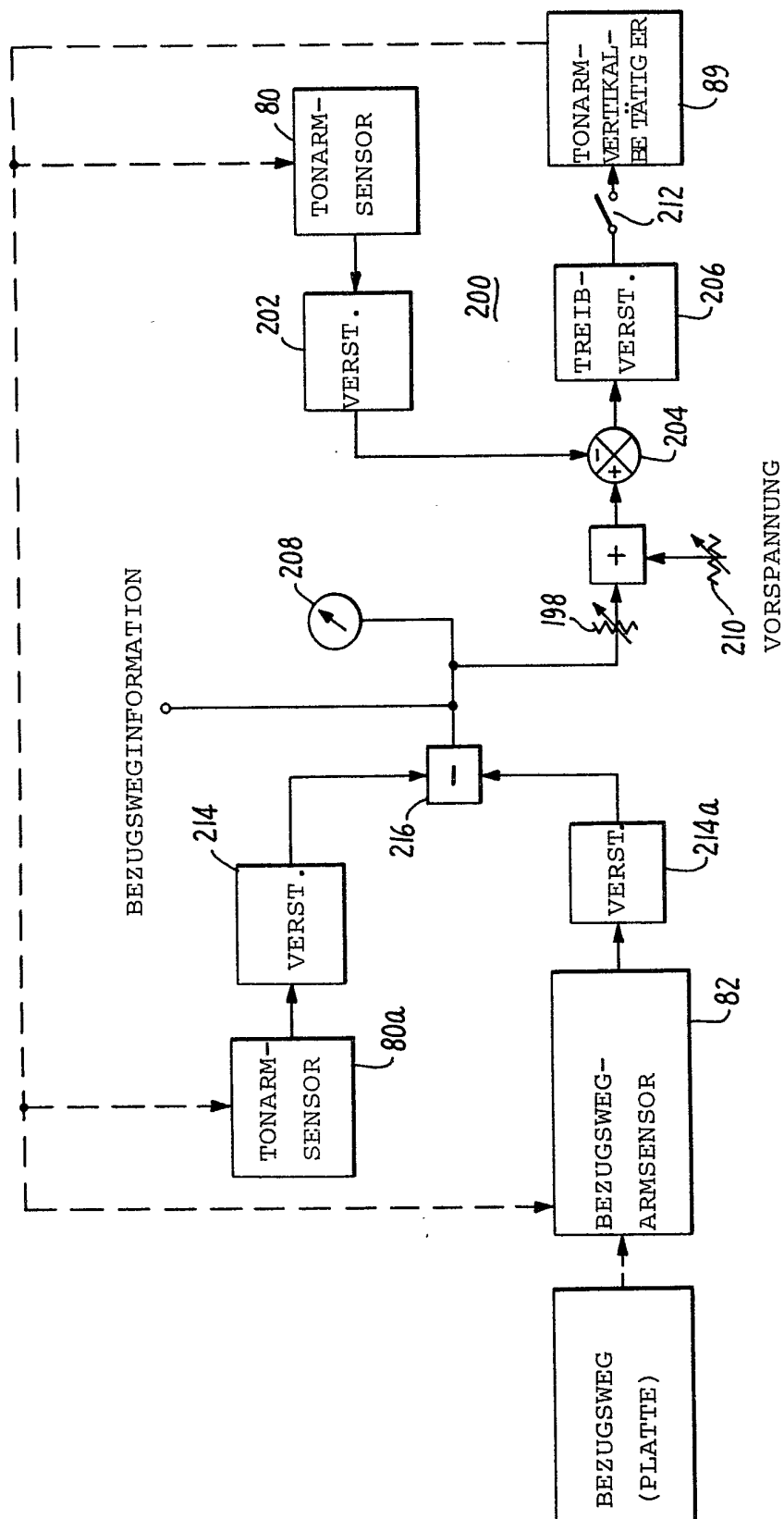
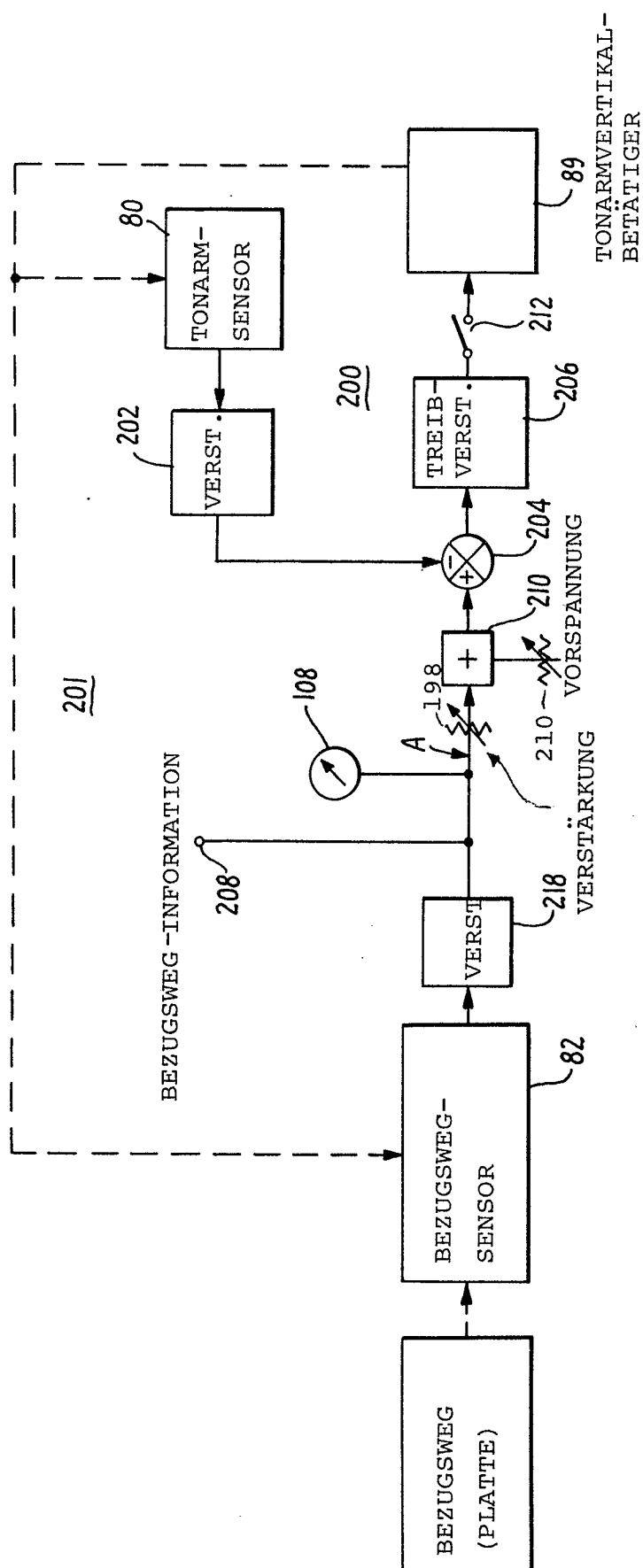
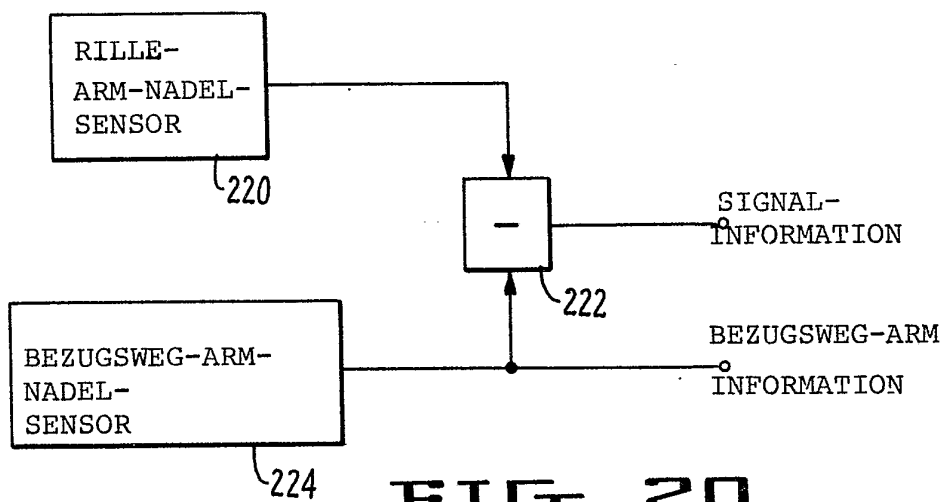
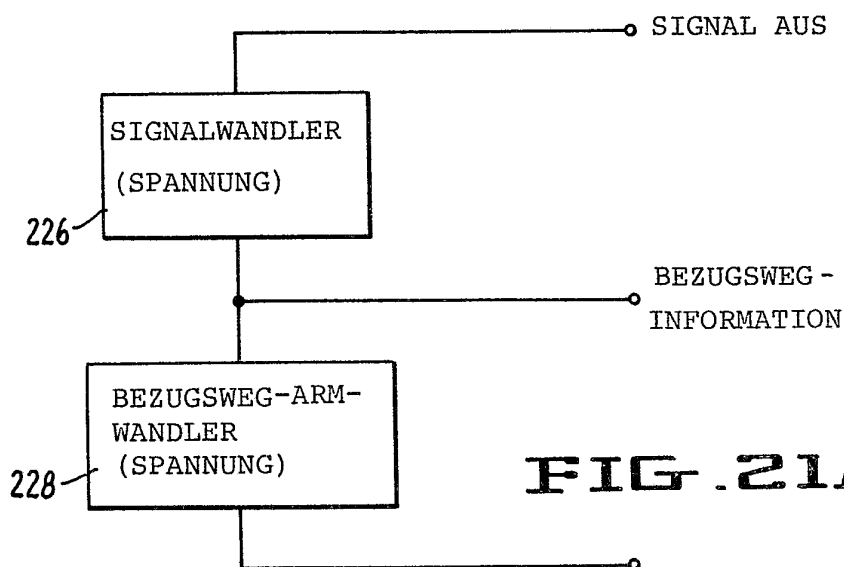
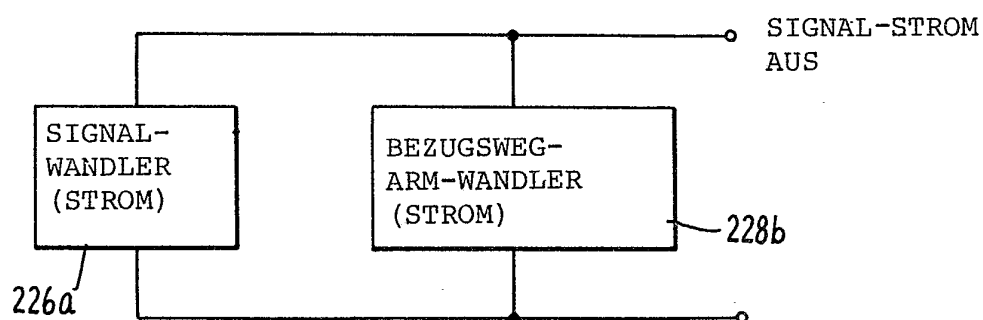


FIG. 17.

**FIG. 18.**



FILE 19:

**FIG. 20.****FIG. 21A.****FIG. 21B.**

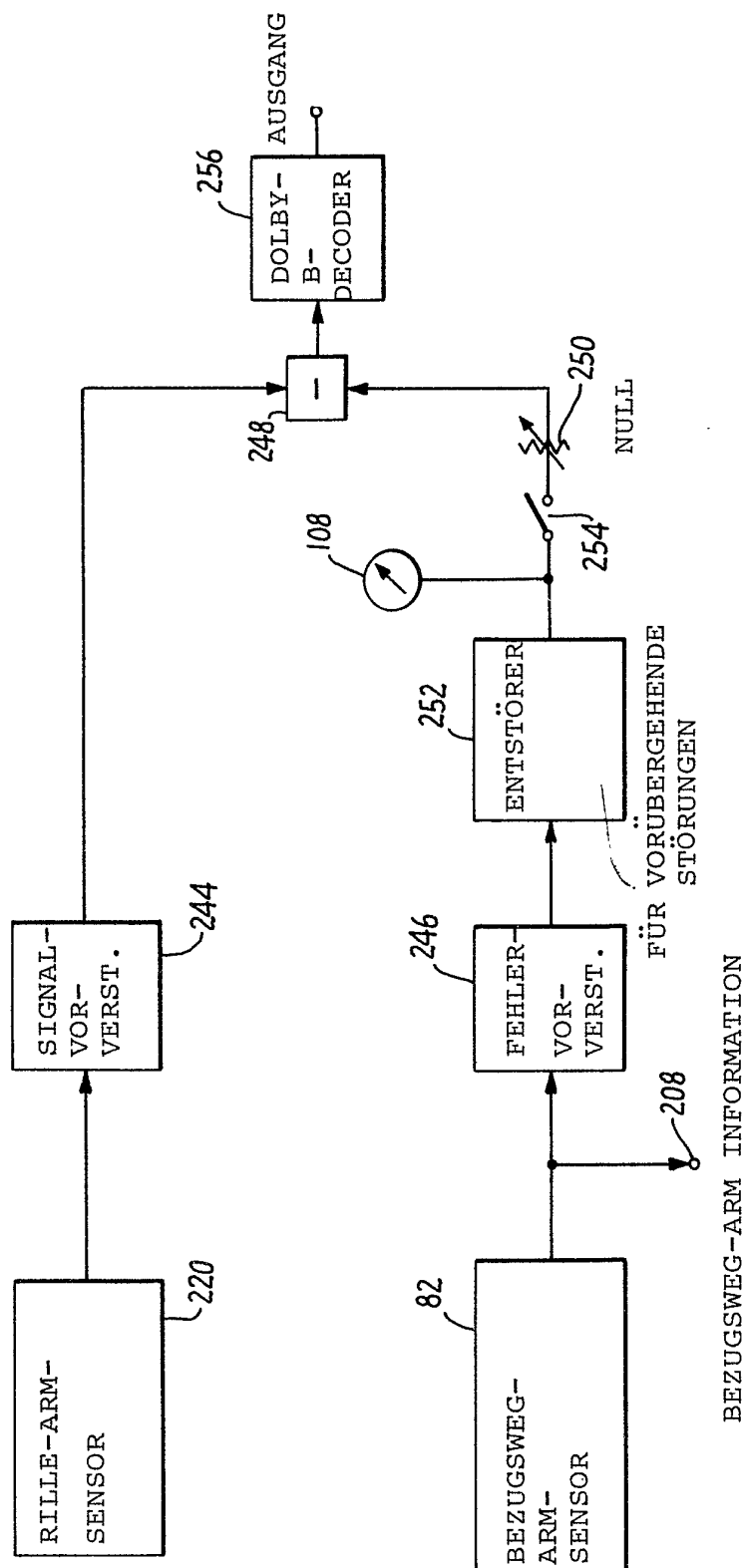


FIG. 24.

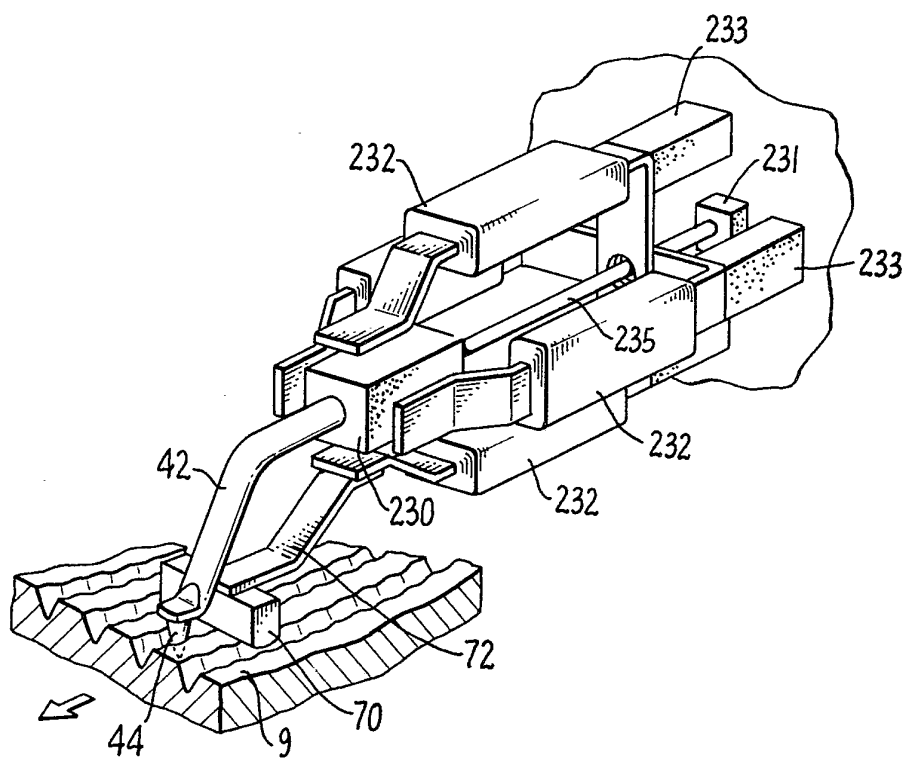


FIG. 22.

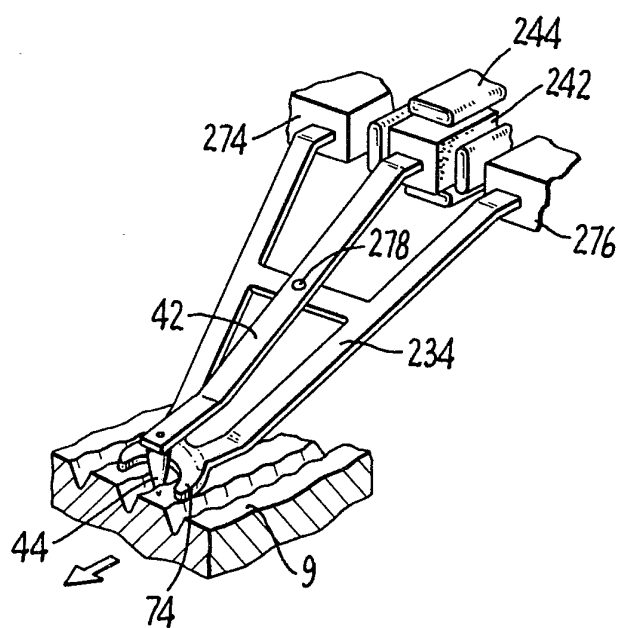


FIG. 23.