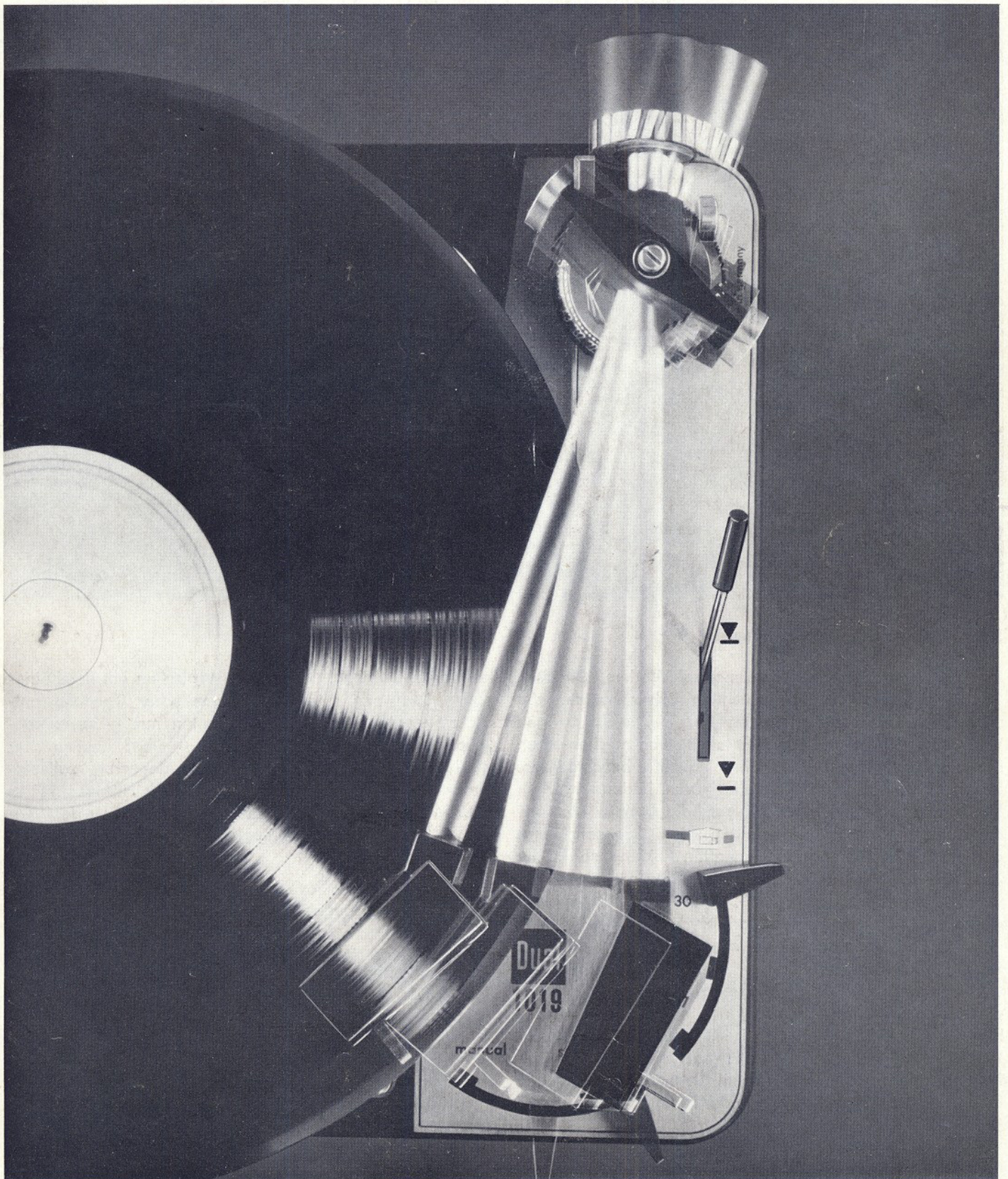


Dual

# Moderne Schallplatten- Wiedergabeteknik





### Sehr geehrter Schallplattenfreund

Die Vorfahren des Gründers unseres Werkes, Christian Steidinger, waren handwerkstüchtige Schwarzwälder, die sich schon durch Generationen in einer selbständigen Werkzeugmacherei mit der Herstellung von mechanischen Präzisionsbauteilen für die Uhrenindustrie beschäftigten. Schon 1906 wurde die Herstellung von Federlaufwerken für Sprechmaschinen aufgenommen, die bereits 1908 auf der Leipziger Messe ausgestellt wurden. Ihre sorgfältige und präzise Ausführung fand lebhaften Anklang, so daß im Jahr 1909 monatlich 5000 Laufwerkmotoren produziert und verkauft werden konnten. 1913 wurden die ersten Laufwerke mit Schneckenregulatortrieben gefertigt, deren Qualität und Beliebtheit bald eine Tagesproduktion von 1500 Laufwerken erforderlich machten. Im Jahr 1927 wurde der erste kombinierte Federwerk-Elektroantrieb für ein Phonolautwerk geschaffen, der auch der Anlaß zur Firmenbezeichnung Dual wurde. Im Jahr 1928 verließen 10 000 solcher Motoren im Monat das Werk. Nach der Einführung des Rundfunks kam mit dem Aufkommen des Radios zunächst ein Rückgang in der Produktion der Feder-

laufwerke. Bei Dual war jedoch inzwischen ein netzbetriebenes Laufwerk mit elektromagnetischer Tondose entwickelt worden. Schallplatten konnten nun — bei erheblicher Steigerung der Tonqualität — über Lautsprecher wiedergegeben werden. 1949 wurde der erste vollautomatische Plattenwechsler gebaut. Die Entwicklung führte über mehrere erfolgreiche Laufwerktypen bis zu dem modernen Dual 1019, der das Muster einer feinwerktechnischen Spitzenleistung darstellt.

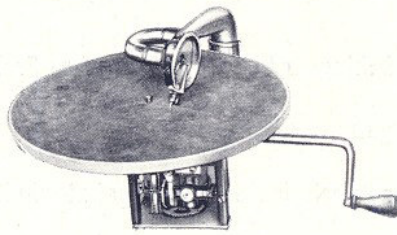
Das Wissen um die Probleme einer allseits befriedigenden Schallplattenwiedergabe und die sorgfältige Anwendung jahrzehntelanger Erfahrungen beim Bau neuzeitlicher Phonolautwerke und Wiedergabeanlagen mit der sprichwörtlichen Dual-Präzision, geben die Gewähr dafür, daß Ihnen mit allen Dual-Konstruktionen stets fortschrittliche, hochqualitative Phono-Erzeugnisse zur Verfügung stehen.

Mit freundlicher Empfehlung

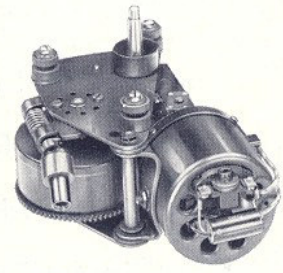
**Dual Gebrüder Steidinger**



1890



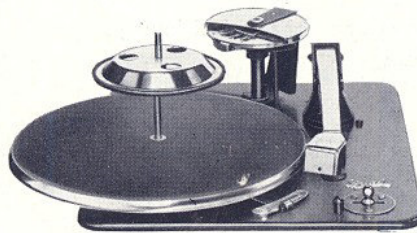
1906



1927



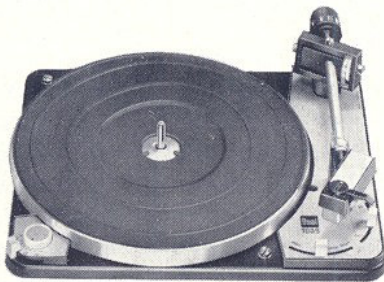
1935



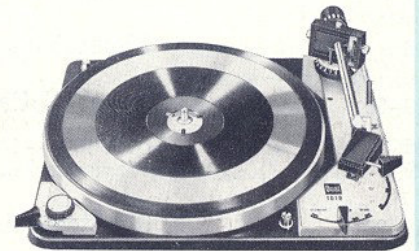
1949



1956



1963



1966

1890-1966

# Inhaltsverzeichnis

Seite	
5	<b>HiFi und Stereo - Schlagworte oder technischer Fortschritt</b>
6	<b>Akustische Grundlagen</b>
7	<b>Die Entwicklung der Schallplatten-Wiedergabetechnik vom Phonographen bis zur Stereophonie</b>
8-9	<b>Über das Wesen der Stereophonie und ihre praktische Anwendung bei der Stereo-Schallplatte</b>
8	Monaurale Wiedergabe
8	Binaurale Wiedergabe
9	Pseudo-Stereophonie
9	Stereo-Wiedergabe
10-12	<b>Die Schallrille</b>
10	Monaurale und stereophone Schallaufzeichnung
12	Pflege der Schallplatten
13-14	<b>Der Abtaststift</b>
13	Material und Qualität des Abtaststiftes
13	Die Abnutzung des Abtaststiftes
15-22	<b>Das Tonabnehmersystem</b>
15	Kristall-Tonabnehmer
17	Magnetische Tonabnehmer
18	Dynamische Tonabnehmer
18	Empfehlenswerte Tonabnehmersysteme
19	Umrüstung von Kristall- auf Magnet-Tonabnehmersystem
19	Qualitätsbestimmende Merkmale bei Tonabnehmersystemen
20	Klirrfaktor und Intermodulationsverzerrungen
22	<b>Stereophone Abtastung und deren Einfluß auf die monaurale Technik</b>
23-30	<b>Stereo-Plattenabspielgeräte</b>
25	Dual 1019 - HiFi-Plattenspieler für höchste Ansprüche
29	Warum und wie sollte man einen HiFi-Plattenspieler testen?
31-36	<b>Die Stereo-Anlage</b>
31	Verstärker
31	Der Anschluß von Tonabnehmersystemen an NF-Verstärker
31	Anschluß von Kristall-Tonabnehmern
32	Anschluß von magnetischen und dynamischen Abtastern
33	Dimensionierung von Schneidkennlinien-Entzerrungen
36	78 und 16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> U/min - überflüssig?
36	Was ist HF-Stereophonie?
37-38	<b>Geräte-Anschluß und Kontaktbelegungen genormter Phono-Steckverbindungen</b>
39-40	<b>Anordnung der Stereo-Anlage im Raum</b>
40	Die Stereo-Hörsamkeit
40	Inbetriebnahme der Stereoanlage
41-42	<b>Stereo-Componenten</b>
43	<b>Koffer-Stereoanlagen und Heimgeräte</b>
44	<b>Stereophonie mit eigenen Mitteln</b>
45-46	<b>Lautsprecherprobleme und Ratschläge für die Zusammenstellung einer Lautsprecher-Kombination</b>
47	<b>Zur Frage des Hörtests</b>
48	<b>Meß- und Prüfplatten</b>
49-50	<b>Erklärung der Fachausdrücke</b>
51	<b>Dual-Werksvertretungen und -Kundendienststellen</b>

# HiFi und Stereo - Schlagworte oder technischer Fortschritt

Seitdem die Begriffe High Fidelity und Stereophonie die Phono-Fachwelt bewegen, sind viele Veröffentlichungen über diese Wiedergabeverfahren sowohl vom Standpunkt der Schallplatte als auch der Verstärkertechnik erschienen. Über den Plattenspieler und das Tonabnehmersystem bzw. die Kombination dieser Geräte mit Verstärkeranlagen wurde jedoch noch verhältnismäßig wenig geschrieben, obwohl doch gerade von der Qualität der Tonabnehmer und Plattenabspielgeräte die Güte der elektroakustischen Wiedergabe ganz entscheidend beeinflusst wird. Beide Begriffe — High Fidelity und Stereophonie — bezeichnen durchaus keine gegenständliche Erfindung der Neuzeit. Die Prägung High Fidelity kam zwar vor einiger Zeit mit erheblicher Lautstärke durch Fachliteratur und Werbesprospekte aus den USA zu uns, wurde aber bereits in den 30er Jahren — auch in Deutschland — nach der Entwicklung der elektrischen Schallplattenschneid- und Abtasttechnik schon einmal zu einem Gütebegriff der elektroakustischen Musikwiedergabe.

Was ist nun High Fidelity? Wörtlich übersetzt: Hohe Naturtreue. Auf die Schallplattenwiedergabeanlage bezogen müßte es also zunächst eine hohe naturgetreue Wiedergabe der Schallplatten bedeuten. Da sich ja auch die Schallplattenfirmen bemühen, Originaldarbietungen mit hoher Natur-(Original-)Treue aufzunehmen und dementsprechende Schallplatten herzustellen (derartige Platten werden auf dem Etikett mit dem Hinweis ‚HiFi‘ bezeichnet), sollte also eine elektroakustische Schallplattenübertragung mit HiFi-Aggregaten, in einer der Originalatmosphäre weitgehend vergleichbaren Weise, möglich sein. Daß hierfür bestimmte apparative Voraussetzungen erforderlich sind, wird auch der Nichtfachmann einsehen. Wie hoch sind nun die Anforderungen? Wo fängt HiFi an und wo hört sie auf? Die Vorstellungen gehen — auch in Fachkreisen — hier beträchtlich auseinander. Man versucht zur Zeit für alle Erzeugnisse der Phonoindustrie — die als HiFi-Ausführungen auf den Markt kommen — einen verbindlichen Qualitätsmaßstab zu finden und hat — auch für Bauteile wie Tonabnehmersysteme, Lautsprecher usw. — eine streng einzuhaltende und in jedem Fall gewährleistete Mindestqualität festgelegt, die in DIN 45 500 ihren Ausdruck gefunden hat.

Die Schwierigkeit bei der Festlegung einer Qualitätsgrenze für Musikreproduktionen, die ja zunächst nur in technischen Wertmaßstäben ausgedrückt werden kann, besteht u. a. darin, daß zwar subjektive Unterscheidungen mehr oder weniger differenziert möglich, diese aber kaum ausreichend genau objektiv erfaßbar sind.

Im Laufe der Zeit haben sich zwei Leistungsklassen bei Phonogeräten gebildet. Da sind auf der einen Seite dieser — noch sehr dehnbaren — Grenze die zu einem günstigen Preis erhältlichen, zwar guten, aber doch auf die Bedürf-

nisse des Durchschnittsverbrauchers zugeschnittenen Standardmodelle. Auf der anderen Seite Präzisionserzeugnisse nach dem modernsten Stand der Technik, zum ausschließlichen Zweck einer allen Ansprüchen gerecht werdenden höchstqualitativen Schallplattenreproduktion.

In den wenigsten Fällen wird ein Laie die wertbestimmenden technischen Daten einer Musikwiedergabeanlage richtig erkennen und es liegt nahe, ausschließlich den Preis als Wertfaktor anzusehen. Je teurer, desto besser; ein billiges Gerät kann nicht viel taugen. Natürlich liegt in dieser Annahme eine gewisse Berechtigung. Doch hat gerade die Firma Dual mit den HiFi-Plattenspielern Dual 1009 und Dual 1019 gezeigt, daß bei konsequenter Anwendung fortschrittlicher Konstruktions- in Verbindung mit modernsten Fertigungsmethoden Spitzenqualität heute durchaus erschwinglich sein kann.

Nun kommt es doch wohl in erster Linie darauf an, was man von einem Präzisions-Phono-Bauteil bzw. einer HiFi-Anlage an musikalischem Gewinn erwartet. Um dabei keinen Fehleinschätzungen zu erliegen, kommt man ohne Mindestmaß an technischem Verständnis für Phonogeräte nicht aus. Wir hoffen daher, mit dieser Schrift zu diesem Verständnis beitragen zu können. Selbstverständlich konnten wir in der vorliegenden gedrängten Form nicht auf alle möglichen Probleme der HiFi-Technik und der Stereophonie eingehen. Wir unterstützen Sie — über diesen Rahmen hinaus — jedoch jederzeit gern bei Ihren Bemühungen um eine befriedigende Schallplattenwiedergabe.

Die grundlegenden Patente der heute international angewandten Schallplatten-Stereophonie wurden schon 1931 angemeldet. Jedoch erst nach dem 2. Weltkrieg und dem allgemeinen Fortschritt der Elektroakustik erinnerte man sich dieser Wiedergabetechnik, die nun durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse bereichert und nach zeitraubender Lösung fertigungstechnischer Schwierigkeiten der Phonoindustrie die Möglichkeit bietet, dem Schallplattenfreund ein Höchstmaß an elektroakustischer Perfektion in der Musikwiedergabe zur Verfügung zu stellen.

Dem Laien wird der Begriff der Stereophonie allein nicht viel sagen; wenn auch stereophone Übertragungen in Verbindung mit der modernen Filmtechnik allgemein zugänglich sind. Bei der — ganz allgemein ausgedrückt — Stereophonie handelt es sich um eine Zweikanaltechnik. Zwei verschiedene Informationen werden gleichzeitig aufgenommen und auch gleichzeitig — jedoch stets voneinander getrennt — akustisch wiedergegeben.

Naturgemäß ist diese Technik komplizierter und aufwendiger als die bisherige. Sie wird darum nicht nur im Verkaufsraum und in der Werkstatt, sondern vor allem in der Heiminstallation manches Problem aufwerfen.

Mit den nachfolgenden Ausführungen wurde versucht, die Probleme um das Phonogerät leicht faßlich darzustellen.

# Akustische Grundlagen

Schall ist physikalisch gesehen nichts anderes als die mechanische Bewegung der uns umgebenden Luft. Diese Schwingungen haben ihren Ursprung in der Bewegung fester Körper, die die umgebenden Luftmoleküle anregen. Die Schallausbreitung erfolgt in Form von Longitudinalwellen, wobei die Ausbreitungsgeschwindigkeit (ca. 340 m/sec.) durch die Massenträgheit und die Elastizität der Luft bestimmt wird. (Abb. 1). Diese Schwingungen, die also Luftdruckschwankungen darstellen, bezeichnet man als Schalldruck. Der Unterschied der Druckschwankungen (Schallintensität) zwischen der Hörgrenze mit dem geringsten noch wahrnehmbaren Schallwechseldruck und der

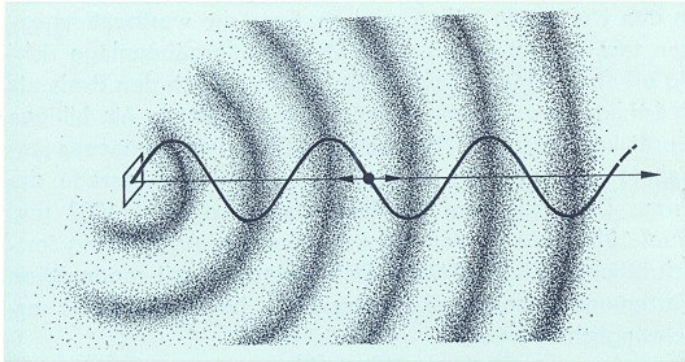


Abb. 1 Entstehung einer Longitudinalwelle

Schmerzschwelle beträgt 1:1 Million. Dabei bestimmt die Frequenz, also die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, die Tonhöhe. Das menschliche Ohr umfaßt einen Hörbereich von ca. 16–20 000 Hz, wobei mit zunehmendem Alter die Wahrnehmbarkeit höherer Frequenzen sinkt. Abb. 2 zeigt den Frequenzumfang einiger charakteristischer Klang- und Geräuschquellen mit ihrem Frequenzspektrum im Hörbereich. Im Gegensatz zur menschlichen Sprache können Musikinstrumente den ganzen Hörbereich umfassen. Abb. 4 zeigt den Kurvenlauf einer Sinusschwingung die in der Musik jedoch nicht auftritt. Musikalische Töne setzen sich immer aus einem Grundton und einer Anzahl Obertönen zusammen, die die spezifische Klangcharakteristik des entsprechenden Instrumentes ausmachen. Abb. 5 zeigt das Oszillogramm eines musikalischen Klanges. Man sieht, daß er sich aus mehreren Einzelschwingungen zusammensetzt. Neben den Obertönen die ein Musikinstrument charakterisieren tragen hierzu auch noch die sehr komplizierten Ein- und Ausschwingvorgänge bei. Wenn man bei verschiedenen Musikinstrumenten die Obertöne und die Ein- und Ausschwingvorgänge künstlich unterdrückt, kann man die Instrumente nicht mehr voneinander unterscheiden.

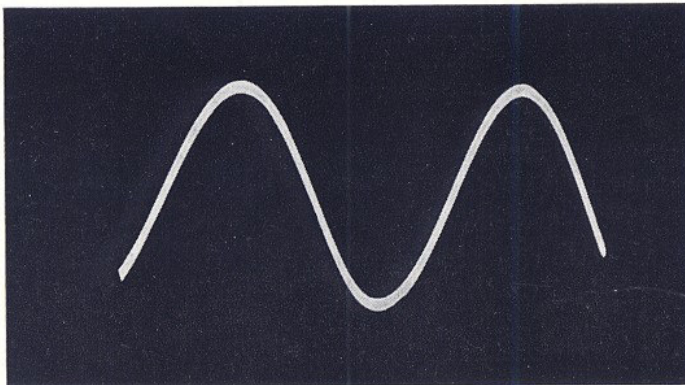


Abb. 4 Sinusschwingung

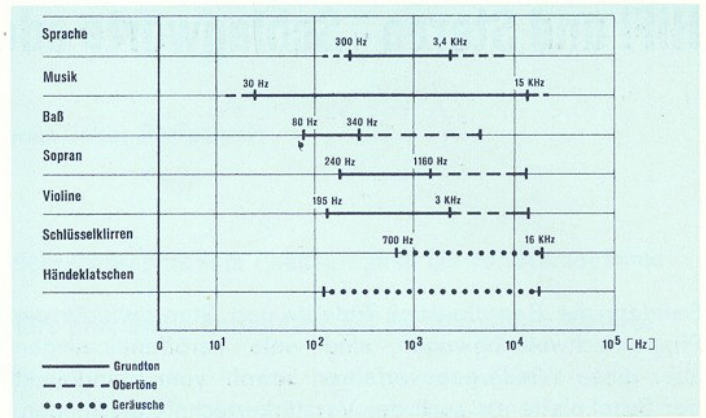


Abb. 2 Frequenzbereich einiger charakteristischer Geräuschquellen

Es ergibt sich bei Klängen somit ein recht komplizierter Schwingungsverlauf, der von der Tonhöhe (Frequenz), Intensität (Amplitude), Klangfarbe (Obertongehalt) und dem Einschwingverhalten der einzelnen Frequenzen zu einem Summenbild geformt wird.

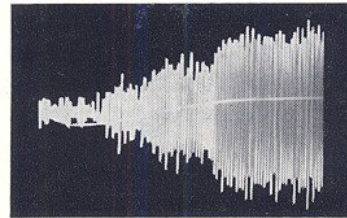


Abb. 3 Einschwingvorgang Flötenton

Im Mikrofon wird der daraus gebildete Schallwechseldruck in verhältnismäßige elektrische Spannungen umgewandelt, im nachgeschalteten Verstärker verstärkt und der Schneiddose an der Schallplattenschneidmaschine zugeführt.

Die Auslenkungen der Schallrinne sind deshalb ein getreues Abbild des vom Mikrofon aufgenommenen Schallwechseldruckes. Die Übertragungsapparatur muß selbstverständlich in der Lage sein, den Schallwechseldruck, bzw. die daraus entstehende Wechsellspannung verzerrungsfrei zu verarbeiten.

Werden Obertöne und Einschwingvorgänge z. B. durch allzu billige Wiedergabegeräte auch nur teilweise unterdrückt, verliert der Klang an Durchsichtigkeit und Brillanz.

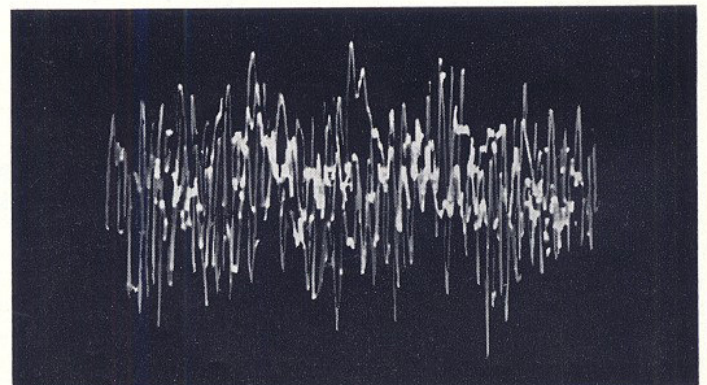


Abb. 5 Anteilige Frequenzen eines musikalischen Klanges

# Die Entwicklung der Schallplatten-Wiedergabetechnik vom Phonographen bis zur Stereophonie

Mit der Erfindung des Phonographen brachte uns der wissenschaftliche sowie der feinwerktechnische Fortschritt von der bloßen Suggestion musikalischen Geschehens bis zu dessen getreuer Wiedergabe. Zwischen der unförmigen Nadel, die über einen Zylinder aus grobkörnigem Material schleift und einem modernen Abtaster, der in einer mikroskopisch feinen Schallrinne geführt wird, liegt eine ungeheure, über ein halbes Jahrhundert währende Entwicklungsarbeit. Bis nach dem 1. Weltkrieg waren die technischen Mittel der Musikaufnahme und -Wiedergabemöglichkeiten nach heutigen Erkenntnissen noch ziemlich unvollkommen, da sie ausschließlich auf rein mechanischer Grundlage stattfand. Erst durch die Entwicklung und Einführung der elektrischen Aufzeichnung und Abtastung sowie durch die Möglichkeit, NF-Stufen der von Jahr zu Jahr verbesserten Rundfunkgeräte als Verstärker für die Plattenwiedergabe zu verwenden, wurde eine entscheidende Qualitätsverbesserung der Schallplattenwiedergabe erreicht. Der Frequenzumfang konnte wesentlich erweitert werden, das Rauschen wurde durch Verbesserung der Plattenmasse herabgesetzt, die Störanfälligkeit und der Gleichlauf der Abspielgeräte verbessert, die Empfindlichkeit der Abtaster erhöht usw. So wurde auf fast allen Gebieten der Schallplattentechnik ein Qualitätsstand erreicht, bei dem eine Schallplattenwiedergabe schon recht befriedigen konnte, wenn sie auch von einer naturgetreuen Wiedergabe noch recht weit entfernt war. In den Jahren nach dem 2. Weltkrieg wurden die elektromechanischen bzw. elektroakustischen Wandler, die Speichergeräte und die Aufnahmeverfahren zu einer Perfektion geführt, die eine naturgetreue, unverfälschte Wiedergabe gewährleisten können.

»High Fidelity«, hohe Naturtreue, wurde ein neuer Begriff in der Phontechnik, mit der die Bemühungen um eine weitgehend naturgetreue Aufzeichnung und Wiedergabe gekennzeichnet werden soll. Man kann die Frage, was gehört zu einer echten HiFi-Wiedergabe, nicht eindeutig für alle vorkommenden Fälle einer akustischen Übertragung wertmäßig verbindlich beantworten. Es lassen sich objektiv für die einzelnen Übertragungsglieder bestimmte Mindestforderungen festlegen. Hier gilt im besonderen das berühmte Beispiel von der Kette, die so schwach ist wie das schwächste Glied. Es ist aber nicht immer gewährleistet, daß – auch wenn die Übertragungsglieder qualitativ gleichwertig sind – bei der Kombination mehrerer Einzelglieder infolge der ihnen in irgendeiner Weise doch anhaftenden Mängel – keine Summierungen von Fehlereigenschaften bzw. Anpassungsfehler auftreten, so daß eine Wiedergabekombination meist viel schlechter ist als ihre einzelnen Teile. Dazu kommt, daß es bei der Bewertung einer akustischen Wiedergabe nur bis zu einem gewissen Grad möglich ist, exakte Meßmethoden anzuwenden, da neben rein technischen Belangen in starkem Maße subjektive Momente von Einfluß sind.

Durch die moderne Aufnahmetechnik, die mit einer Vielzahl von Mikrofonen arbeitet, hat die elektroakustische Wiedergabe eine Intensivierung des Klangbildes erfahren, die sich von der Originalatmosphäre an einem Platz im Konzertsaal erheblich unterscheiden kann, doch sehr oft durch eine erhöhte Prägnanz einzelner Instrumente bzw. bestimmter Instrumentengruppen ein eindrucksvolleres Erlebnis vermittelt, als es die Konzertsaalatmosphäre ermöglicht. Trotzdem wird bei der kritischen Beurteilung eines Musikstückes die klangliche Bewertung zwischen Originaldarbietung und bestmöglicher monauraler Phonowiedergabe im allgemeinen immer zugunsten der Originalwiedergabe ausfallen. Häufig wird als Grund angegeben, daß die Frequenzen an den Grenzen des Übertragungsbereiches in der Wiedergabe immer noch fehlen. Aber selbst wenn man über eine technisch vollkommene Apparatur verfügt, wäre es dem Lautsprecher nicht möglich, eine bessere Wiedergabe zu bringen, als es eine Öffnung gleichen Durchmessers in der Wand eines Konzertsalles vermöchte. Der Hörer wird erst dann eine echte Atmosphäre feststellen, wenn die Möglichkeit der Lokalisierung – das Heraushören eines Klangkörpers nach Richtung und Entfernung – besteht, wozu ihn die Möglichkeiten des zweiohrigen Hörens naturgemäß befähigen. Nur durch die Technik der Stereophonie ist es möglich, klanglich eine räumliche Aufteilung von Instrumenten und Instrumentengruppen zu erzielen, wodurch nicht mehr der gesamte Schall als »Durcheinander« aus einer kleinen Öffnung zu kommen scheint, sondern der Eindruck entsteht, daß die Wand völlig entfernt ist und ein »Nebeneinander« von Klangkörpern zu orten ist. Das Klangbild gewinnt durch seine räumliche Ausdehnung an Volumen, an »Räumlichkeit« und hinterläßt damit einen realistischen Eindruck. Was bislang – auch bei einer noch so guten HiFi-Übertragung – an der Wiedergabe noch fehlte und was sie deutlich von der Originaldarbietung unterschied, wird erst durch eine einwandfreie stereophone Wiedergabe zu einer weitgehend naturgetreuen Wiedergabe ergänzt. Erst durch die Stereophonie kann die Atmosphäre am Aufnahmeort optimal und damit in »HiFi« bei der Wiedergabe nachgebildet werden.

High Fidelity und Stereophonie sind also echte technische Begriffe in der Phontechnik, die zwar jede für sich eigene Ausdruckskraft besitzen, aber doch unmittelbar zusammengehören.

So war mit der Entwicklung und Einführung der Stereo-Schallplatte der letzte entscheidende Schritt getan, der uns ermöglichte, im eigenen Heim musikalische Darbietungen in einer Vollendung zu erleben, die der Vermittlungskraft einer Originalatmosphäre nicht nachstehen, sie bei konsequenter Anwendung der HiFi-Technik noch übertreffen können.

# Über das Wesen der Stereophonie und ihre praktische Anwendung bei der Stereo-Schallplatte

Die Tatsache, daß der Mensch doppelte Sinnesorgane für das Hören und Sehen besitzt, verleiht ihm die Fähigkeit, sich räumlich durch optische und akustische Eindrücke zu orientieren. In den Konzertsaal versetzt bedeutet dies, daß auch bei geschlossenen Augen selbst der ungeübte Zuhörer, neben der jedem Instrument eigenen Klang-Charakteristik, den Standpunkt der einzelnen Schallquellen innerhalb des Orchesters zu bestimmen vermag. Diese Ortung vollzieht sich mehr oder weniger unbewußt. Sie beruht im wesentlichen auf Intensitätsunterschieden. Die beiden Ohren empfinden unterschiedliche Schallstärken. Es spielen aber auch Zeitunterschiede eine Rolle – das eine Ohr hört den Schall früher als das andere. Außerdem sind noch Phasenunterschiede dabei von Bedeutung. Durch diese Ortung empfindet der Hörer die Plastik und Durchsichtigkeit einer musikalischen Darbietung.

Zum weiteren Verständnis der stereophonen Wiedergabe seien folgende drei akustische Grundbegriffe an Hand vereinfachter, sinnbildlicher Darstellungen eines Konzertsaaes mit einer Trennwand illustrativ erklärt.

## Monaurale Wiedergabe

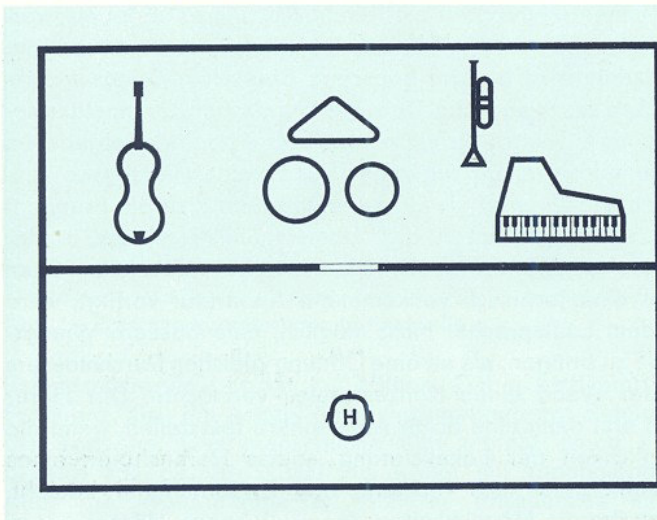


Abb. 6 Prinzip der monauralen Wiedergabe (H = Hörer)

Für den Hörer H ist es nicht möglich, eine exakte Aussage über die räumliche Anordnung beispielsweise der verschiedenen Instrumente des Orchesters zu machen. Für ihn bietet sich als Schallquelle nur das Loch in der Wand dar, das

## Binaurale Wiedergabe

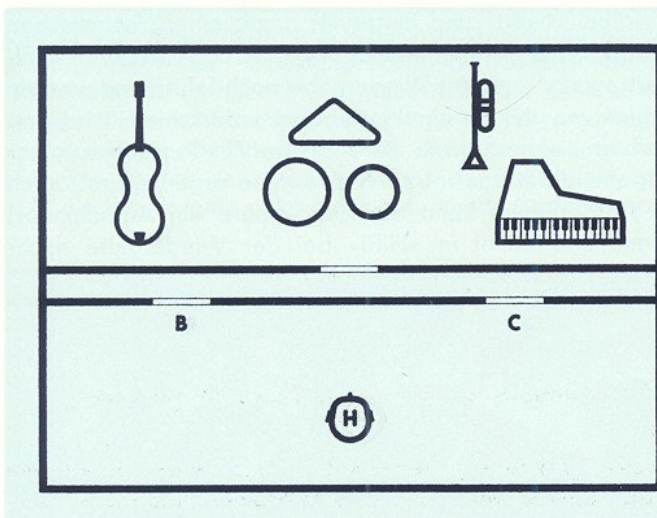


Abb. 8 Prinzip der binauralen Wiedergabe (H = Hörer)

Dem Hörer H bietet sich zwar eine breitere abstrahlende Basis durch die beiden Öffnungen B und C, die die akustischen Eigenschaften des Zuhörerraumes in anderer Weise zur Wirkung bringen können als bei monauraler Wieder-

gabe. Trotzdem aber ortet der Hörer die Quelle aller Schalleindrücke genau in der Mitte der beiden Öffnungen B und C, weil wiederum – wie bei monauraler Wiedergabe – die Schallintensität auf beiden Ohren gleich ist.

Abb. 7 Prinzipschaltung der monauralen Wiedergabe

vergleichbar mit der Lautsprecheröffnung eines Rundfunkgerätes wäre. Die Schallintensität ist in diesem Falle auf beiden Ohren gleich. Deshalb findet der Hörer die Schallquelle identisch mit dem Loch in der Wand.

Abb. 9 Prinzipschaltung der binauralen Wiedergabe

## Pseudo-Stereophonie

Grundsätzlich kann ein Übertragungskanal immer nur ein Summenbild des Klanggeschehens vermitteln. Auch bei bester Wiedergabe aller Frequenzen kann die räumliche Anordnung des Klangkörpers nicht festgestellt werden. Die – insbesondere bei Verwendung nur eines Lautsprechers – eng begrenzte Tonquelle war der Anlaß, den Abstrahlbereich durch zweckmäßige Lautsprecher-Anordnungen zu verbreitern. Da das menschliche Ohr die räumliche Ausdehnung einer Schallquelle hauptsächlich nach dem Abstrahlwinkel hoher Töne beurteilt, wurden in früheren Jahren bei

Lautsprecher abgestrahlt wurden (S. d. Abb. 10a und 10b.) Dies war im besonderen das wesentliche Merkmal der sogenannten Rauntongeräte, die auch unter dem Namen 3 D, 4 R usw. bekannt wurden. Aber – auch wenn man das monaurale Signal in der Verstärkung und Abstrahlung in getrennte Tief- und Hochtonwege aufteilt (Abb. 10c) – die Informationen bleiben stets monaural. Diese und ähnliche Maßnahmen hatten deshalb mit echter Stereophonie, das heißt Erfassung eines Schalleindrucks nach Richtung und Entfernung, nichts zu tun; wenn man ihnen auch zugestehen

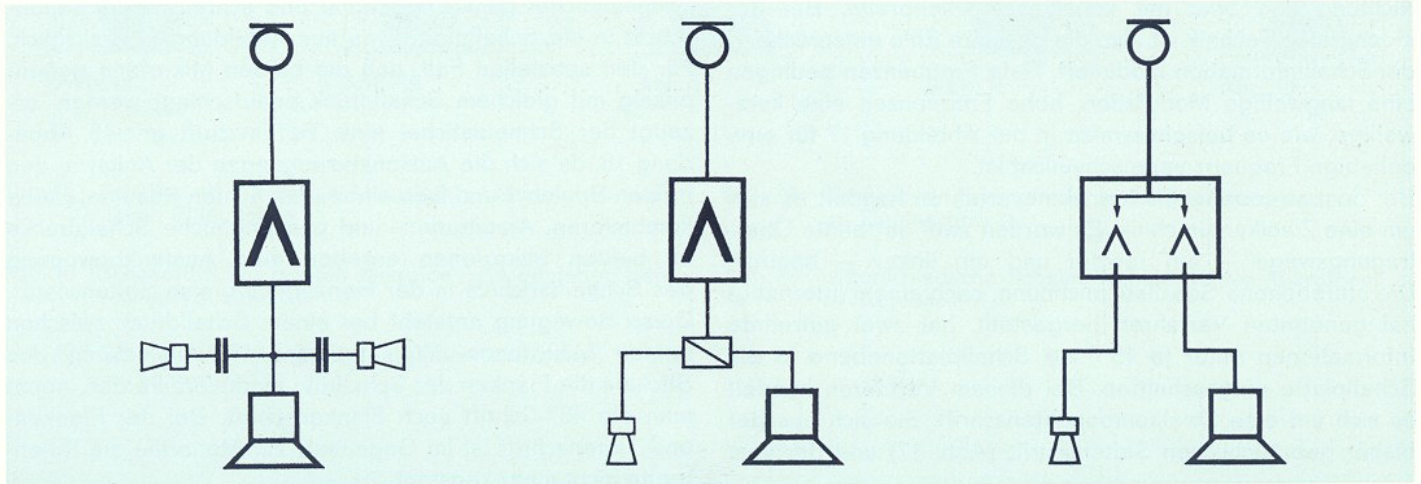


Abb. 10a Abstrahlung mit zusätzlichen seitlich gerichteten Hochton-Lautsprechern

b) verbreiterte Frontalabstrahlung zwischen Hoch- und Tiefton-Lautsprecher

c) Verstärkung und Abstrahlung über getrennten Hoch- und Tieftonkanal

hochwertigen Wiedergabegeräten zusätzlich zum Hauptlautsprecher mehrere Hochton-Lautsprecher so angeordnet, daß die hohen Frequenzen nicht nur nach vorn, sondern auch seitlich oder über eine gewisse Distanz vom Tiefton-

muß, daß sie eine gewisse Raumpunkt-Unabhängigkeit der Abstrahlung und Auflockerung des monauralen Klangbildes bewirken.

## Stereo - Wiedergabe

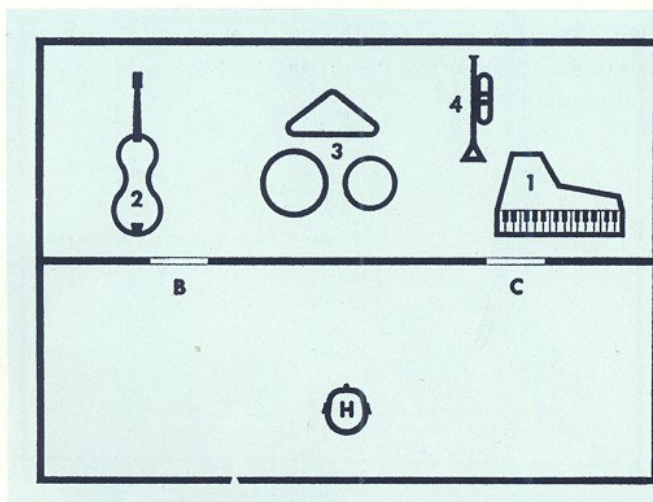


Abb. 11 Prinzip der stereophonen Wiedergabe (H = Hörer)

Den Hörer H trifft der Schall der Quelle 1 durch die Öffnung C rechts mit größerer Intensität als links durch die Öffnung B. Er ortet deshalb die Schallquelle 1 rechts. Umgekehrt ortet er die Schallquelle 2 links. Die Schallquelle 3 hingegen erscheint ihm akustisch genau in der Mitte, weil die Schallintensität aus der Öffnung B auf das linke Ohr genau so groß ist wie die Schallintensität aus der Öffnung C auf das rechte Ohr. Bei dem Schalleindruck,

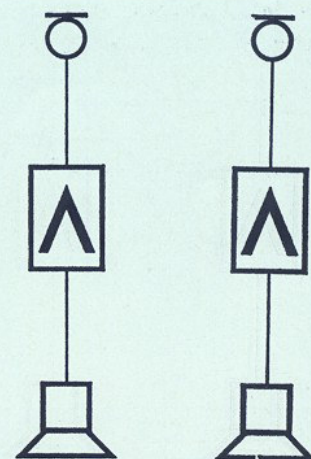


Abb. 12 Prinzipschaltung der stereophonen Wiedergabe

den die Quelle 4 unterschiedlich auf beide Ohren des Hörers ausübt, wird er die Schallquelle halbrechts rückwärts und im Vergleich zu den näheren Schallquellen zeitlich später orten.

Aus diesen schematischen Darstellungen ergibt sich, daß für eine elektroakustische Wiedergabe mit Schall-Ortungsmöglichkeiten mindestens zwei Übertragungswege vorhanden sein müssen.

# Die Schallrinne

## Monaurale und stereophone Schallaufzeichnung

Bei der herkömmlichen monauralen Schallaufzeichnung ist eine einzige Schallinformation in der Rinne untergebracht. Die stereophone Schallplattentechnik dagegen weist zwei Informationen in einer Rinne auf.

Eine nach der monauralen Technik geschnittene Schallrinne ist in Abbildung 17 im Schnitt und in der Aufsicht dargestellt. Der Schneidstichel bewegte sich dabei in horizontaler Richtung und zwar mit konstanter Rillenbreite. Bei der monauralen Technik ist also die gesamte Rinne entsprechend der Schallinformation moduliert. Tiefe Frequenzen bedingen eine langwellige Modulation, hohe Frequenzen eine kurzwellige, wie es beispielsweise in der Abbildung 17 für eine beliebige Frequenz veranschaulicht ist.

Bei dem stereophonen Aufnahmeverfahren handelt es sich um eine Zweikanaltechnik. Es werden zwei getrennte Übertragungswege – ein rechter und ein linker – benutzt. Die stereophone Schallaufzeichnung, nach einem international genormten Verfahren hergestellt, hat zwei getrennte Informationen unter je  $45^\circ$  zur Schallplattenebene in die Schallplatte eingeschnitten. Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Zweikomponentenschrift, die sich aus der bisher gebräuchlichen Seitenschrift (Abb. 17) und der vom

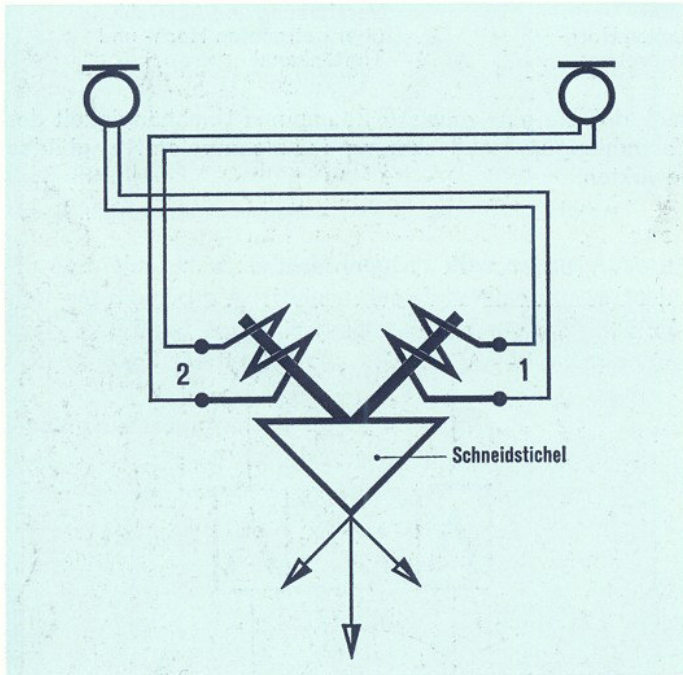


Abb. 13 Prinzip der stereophonen Schallaufzeichnung

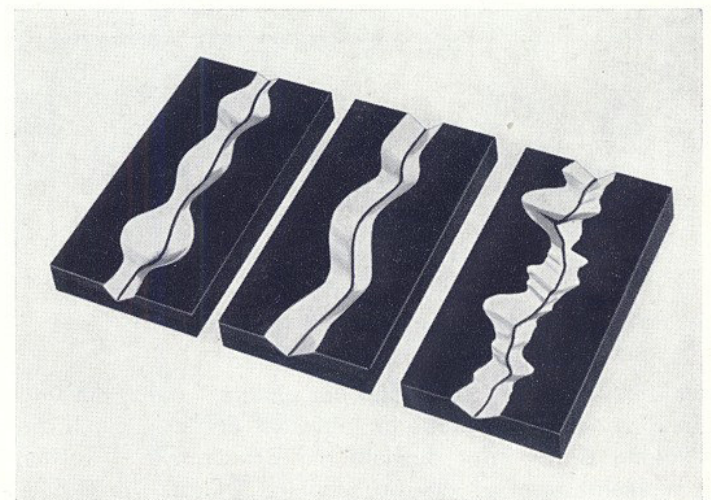
Edison-Phonographen her bekannten Tiefenschrift (Abb. 18) zusammensetzt. Seiten- und Tiefenschrift stehen senkrecht aufeinander und bilden ein orthogonales Achsenkreuz. Durch Drehung dieses Achsenkreuzes um  $45^\circ$  entsteht das nunmehr allgemein angewandte sogenannte  $45^\circ/45^\circ$ -Verfahren. Der internationale Plattenaustausch ist durch die einheitliche Norm gewährleistet. Die Abbildung 13 zeigt sinnbildlich einen Schneidstichel zur stereophonen Schallaufzeichnung. An die Spule 1 ist über entsprechende Verstärkerglieder das linke und an die Spule 2 das rechte Mikrofon angeschlossen. Ist der Schall auf beiden Mikrofonen

gleichphasig, so bewegt sich der Schneidstichel genau in horizontaler Richtung. Bei Beschallung des rechten Mikrofones bewegt er sich unter  $45^\circ$  nur nach rechts, wie in Abbildung 16 dargestellt, während er sich bei Beschallung des linken Mikrofones nur unter  $45^\circ$  nach links, wie in Abbildung 15 veranschaulicht, bewegt.

Auf die Schallrinne übersetzt bedeutet das also, daß durch das rechte Mikrofon nur die rechte Rillenflanke moduliert wird und durch das linke Mikrofon nur die linke Flanke eine Modulation erhält. Für den Fall, daß beide Mikrofone gleichphasig gleiche Spannungen abgeben, bewegt sich der Schneidstichel genau horizontal und schreibt eine Seitenschrift in die Schallplatte, wie aus Abbildung 17 ersichtlich. Für den speziellen Fall, daß die beiden Mikrofone gegenphasig mit gleichem Schalldruck beaufschlagt werden, erzeugt der Schneidstichel eine Tiefenschrift gemäß Abbildung 18, da sich die Auslenkbewegungen der Anker in den beiden Spulen 1 und 2 zu einer senkrechten Resultierenden kombinieren. Amplituden- und phasengleiche Schalldrucke an beiden Mikrofonen ergeben eine Auslenkbewegung des Schneidstichels in der Horizontalen, also Seitenschrift. Diese Bewegung entsteht bei einem Schalldruck zwischen beiden Mikrofonen. Weil bei der  $45^\circ$ -Auslenkung des Stichels die Flanken der Schallrinne moduliert werden, nennt man die  $45^\circ$ -Schrift auch Flankenschrift. Bei der Flanken- und Tiefenschrift ist im Gegensatz zur Monorille die Rillenbreite nicht mehr konstant.

Die untenstehenden Abbildungen zeigen die so entstandenen unterschiedlichen Schallrillen-Schriftarten. Tiefenschrift-Platten – wie sie ursprünglich auf den Walzen nach Edison vorhanden waren – werden bereits seit langem nicht mehr hergestellt. Die bisher üblichen monauralen Schallplatten mit Seitenschrift unterscheiden sich für das bloße menschliche Auge nicht von – mit Flankenschrift versehenen – Stereo-Schallplatten. Bei einer Stereo-Schallplatte befindet sich auf dem Etikett ein entsprechender Hinweis.

Die Rillenbreite bestimmt die Spieldauer einer Plattenseite. Da sie möglichst lang sein soll, erhalten die Schallrillen mikroskopisch feine Abmessungen und werden eng aneinander geschnitten.



Tiefenschrift (Edison 1877)      Seitenschrift (Berliner 1888)      Flankenschrift (Blümlein 1931)

Abb. 14 Schallplatten-Schriftarten

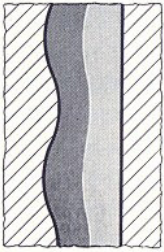
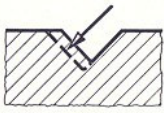


Abb. 15

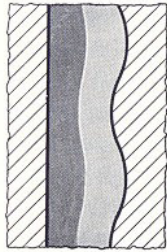


Abb. 16

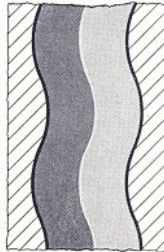
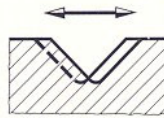


Abb. 17

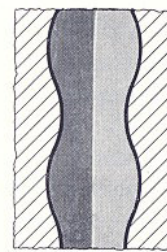


Abb. 18

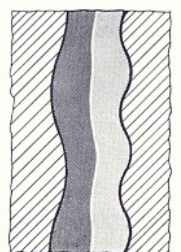


Abb. 19

Abb. 15 Schalldruck am linken Mikrofon = Modulation der linken Rillenflanke

Abb. 18 Schalldruck gegenphasig an beiden Mikrofonen = Tiefenschrift

Abb. 16 Schalldruck am rechten Mikrofon = Modulation der rechten Rillenflanke

Abb. 19 Unterschiedliche Schalldrücke an beiden Mikrofonen = Stereoschrift

Abb. 17 Schalldruck gleichphasig an beiden Mikrofonen = Seitenschrift



Abb. 20 Seitenschrift-Rillen (Mono)

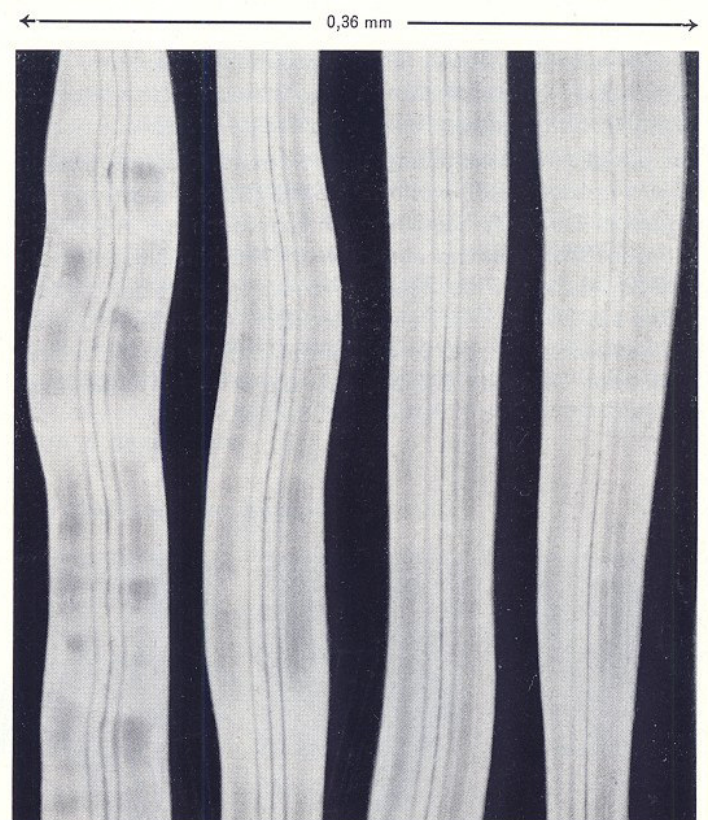


Abb. 21 Rillen mit Flankenschrift (Stereo)

Die Abbildungen 20 und 21 zeigen in 250facher Original-Vergrößerung die außerordentliche Speicherdichte moderner Schallplatten. Die Flächen der Abbildungen 20 und 21 zusammen sind im Original kleiner als ein Stecknadelkopf! Der Steg zwischen zwei Schallrillen ist im Minimum nur ca. 0,012 mm breit. Man erkennt deutlich die schwankende Rillenbreite bei einer Stereoaufzeichnung (Abb. 21) und die konstante Breite der Monorille (Abb. 20).

Eine weitere Verringerung der Rillenabmessungen wird durch fertigungsbedingte Oberflächenunebenheiten und die kaum noch zu unterbietende Materialkörnigkeit begrenzt. Vergleicht man den Flächenbedarf einer musikalischen Stereo-Aufzeichnung der 33-UpM-Platte und dem Stereo-Vier-spurband bei 9,5 cm/s, so findet man, daß das Tonband eine ca. 5,7mal größere Aufzeichnungsfläche für die gleiche Spielzeit benötigt.

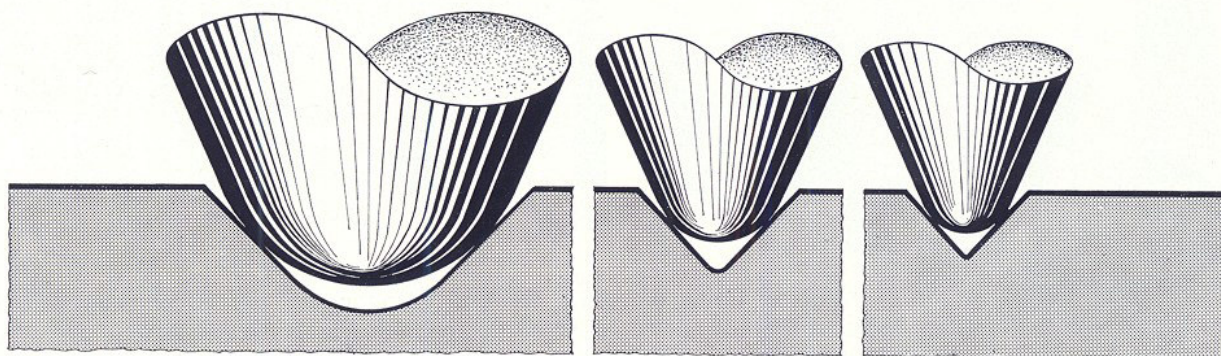
## Pflege der Schallplatten

Es ist verständlich, daß derart feine Rillenformen sehr empfindlich gegen grobe mechanische Behandlungen sind. Deshalb ist die erste Bedingung für die Lebensdauer einer Schallplatte die sorgfältige Behandlung und Lagerung. Besonders gefährlich ist scharfkantiger Staub, der sich in die relativ weiche Plattenmasse gedrückt hat und nur sehr schwer wieder zu entfernen ist. Akustisch werden diese Teilchen beim Abtasten als „Knacker“ oder – bei größerer Staubteilchendichte – als Knistern sehr störend wahrgenommen. Abwischen mit Staubtüchern – oder wie es sehr beliebt ist, mit dem Jackenärmel – stellen nicht gerade sehr ideale Säuberungsmethoden dar, man erreicht dann meist das Gegenteil. Durch die Reibung entsteht eine elektrostatische Aufladung der Platten, wodurch nur noch mehr Staub angezogen wird. Staub sollte also am besten erst gar nicht auf die Platten gelangen. Darum Platten bei Nichtgebrauch immer in den zugehörigen Papier- oder Kunststofftaschen aufbewahren! Zur Entfernung von weichem Staub auf Schallplatten haben sich Plattenreinigungstücher bewährt.

Diese sind mit einem Mittel getränkt, das den Platten eine antistatische Wirkung verleiht. Sie müssen jedoch ebenso sauber gehalten werden, wie die Platten selbst. Empfohlen werden kann auch, besonders bei alten und stark verschmutzten Schallplatten, das Reinigen im lauwarmen Wasserbad unter Zusatz einer wasserentspannenden Flüssigkeit. Auf keinen Fall dürfen die Platten mit scharfen oder ätzenden Reinigungsmitteln „bearbeitet“ werden.

Bei pfleglicher Behandlung und einwandfreiem Abtaststift ist die Lebensdauer moderner Schallplatten praktisch unbegrenzt. Der sich bei längerem Gebrauch am Abtaststift und der Rillenwandung einstellende Abschleiß hängt in sehr starkem Maße von der Härte und Auflagekraft des Abtaststiftes ab. Der sich bei einem weichen Abtaststift (Saphir) natürlich schneller und in größerem Umfang als bei einem Diamanten bildende Schleifstaub bleibt – im Falle einer

Nichtentfernung – in der Schallrinne zurück und wirkt bei der nächsten Abtastung als Schmirgel. So werden nach und nach in die Rillenwandungen feine Riefen eingeschliffen, die sich in fortgeschrittenem Stadium als Rauschen akustisch bemerkbar machen. Häufig wird beobachtet, daß eine Platte beim ersten Abspielen deutlich knistert oder rauscht, nach einigen Abspielungen jedoch eine Störgeräuschabnahme festzustellen ist. Dann wurden die winzigen Unregelmäßigkeiten in der Plattenmasse vom Abtaststift weggeschliffen. Schmutz hält sich in Stereoplatten besonders hartnäckig. Außerdem wird auch der nach allen Richtungen empfindliche Stereo-Tonabnehmer Staubteilchen viel deutlicher registrieren, als ein – nur in horizontaler Richtung empfindliches – monaurales Abtastsystem. Die betriebsmäßige Abnutzung der Schallrillen durch den Abtaststift ist jedoch auch hier gering. Genau kontrollierte Messungen ergaben, daß die Verzerrungszunahme einer konstanten Frequenzaufzeichnung auch nach hundertmaligem Abspielen nur um einen ganz geringen Prozentsatz (0,5–1 %) zunahm. Auch bei einer Steigerung auf fünfhundertmaliges Abspielen waren die Platten durchaus noch als brauchbar zu bezeichnen. Nun ergeben jedoch zusammengesetzte Schwingungen, beispielsweise eines musikalischen Klanges, viel kompliziertere Rillenformen als eine einfache Sinusschwingung und daher werden die winzigen Rillenberge bzw. -täler – wie sie bei einer obertonreichen Schwingung vorliegen – schneller abgeschliffen als langwellige Auslenkungen. Da auch die Lautstärke, d. h. die Amplituden der Aufzeichnungen, auf die Abnutzungsgeschwindigkeit einen Einfluß ausübt, läßt sich die Abnutzung einer Schallrinne kaum zahlenmäßig angeben. Man ist hier weitgehend auf das subjektive Hören angewiesen. Der Qualitätsverlust durch häufiges Abspielen ist bei Benutzung eines modernen Abspielgerätes mit einem neuzeitlichen Tonabnehmer im allgemeinen unwesentlich. Voraussetzung ist jedoch immer ein einwandfreier – mit geringer Auflagekraft betriebener – Abtaststift, staubfreie Lagerung und pflegliche Behandlung der Schallplatten.



### Normalrinne

Rillenbreite	120 $\mu$
Verrundung des Rillengrundes	40 $\mu$
Flankenwinkel	90°
Spitzenverrundung des Abtaststiftes	60 $\mu$

### Mikrorinne

Rillenbreite	60 $\mu$
Verrundung des Rillengrundes	7,5 $\mu$
Flankenwinkel	90°
Spitzenverrundung des Abtaststiftes	25 $\mu$

### Stereorinne

Rillenbreite	40 $\mu$
Verrundung des Rillengrundes	1-4 $\mu$
Flankenwinkel	90°
Spitzenverrundung des Abtaststiftes	15-17 $\mu$

Abb. 22

# Der Abtaststift

Schon die Mikrorillen-Schallplatte hat gegenüber der bis dahin üblichen Normalrillen-Platte eine Verfeinerung der Schallrillen und des Plattenmaterials erfahren, wodurch eine pfleglichere Behandlung der Schallplatte notwendig wurde. Auch bei Stereorillen hat man zur Verlängerung der Spielzeit pro Plattenseite versucht, die Schallrillen so schmal wie möglich zu machen. Da ja die Breite einer Stereorille nicht konstant ist, hat man eine zulässige Schwankung der Rillenbreite von 25 bis 138  $\mu\text{m}$  festgelegt, so daß praktisch ca. 8–10 Rillen pro Millimeter untergebracht werden können. Dieses hat für die Abtastung von Stereorillen eine nochmalige Verringerung der Verrundung der Spitze der Abtastnadel erforderlich gemacht. Sie beträgt im Mittel ca. 15  $\mu\text{m}$ . Zur Demonstration der verschiedenen Schallplatten-Rillenbreiten und der Spitzenverrundung der Abtaststifte sind in der Abb. 22 die Normal-, Mikro- und Stereo-Rillen mit den dazugehörigen Abtastspitzen in 300facher Vergrößerung dargestellt.

Die vollwertige Abtastung der unterschiedlich breiten Schallrillen erfordert also Abtastnadeln mit den Rillen angepaßten Spitzenverrundungen. Für die Abtastung von zwei verschiedenen Rillenprofilen mit demselben Tonabnehmersystem sind auf dem Nadelträger zwei Abtastnadeln mit unterschiedlicher Spitzenverrundung angebracht.

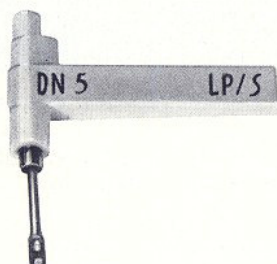
Abb. 23

Duplo-Nadel mit zwei hintereinander befestigten Abtaststiften



Abb. 24

Duplo-Nadel DN 5 die Abtaststifte sind um 180° versetzt (Drehnadel-system)



Im Normalfall dient eine Abtastspitze, bei der Bestückung mit einem M-und-N-Saphir, zur Mikro- und Stereorillenabtastung. Selbstverständlich muß der Abrundungsradius dann auch der Stereorille angepaßt sein. Die zweite Abtastnadel ist für Normalrillen angebracht. Normalrillen findet man nur noch bei den 78er-Schellackplatten. Falls keine 78er-Platten abgetastet zu werden brauchen, empfiehlt sich die Ausführung mit einer Stereo- und Mikrorillennadel.

Bei hochwertigen Tonabnehmersystemen wird am Nadelträger stets nur eine Abtastnadel angebracht, da man die schwingende Masse aus Qualitätsgründen klein halten möchte. Hier stehen dann auswechselbare Nadelträger mit unterschiedlich verrundeten Abtastnadeln zur Verfügung. Da die Tonabnehmersysteme heute vielfach in auswechselbaren Tonköpfen montiert sind, bzw. sich ohne Werkzeug mühelos auswechseln lassen, empfiehlt es sich besonders bei hochwertigen Wiedergabeanlagen, zur Abtastung von Normal-, Mikro- und Stereoschallplatten jeweils Austauschsysteme mit den entsprechenden Abtaststiften zu verwenden. Bei einer abgenutzten oder beschädigten Nadel wird der Nadelträger immer mit ausgetauscht, da das Anbringen der Nadel in den Nadelträger nur vom Hersteller

ordnungsgemäß durchgeführt werden kann. Der Nadelträger wird in einem Klemmsitz gehalten und läßt sich ohne Werkzeug leicht austauschen.

## Material und Qualität des Abtaststiftes

Früher bestanden die Abtastnadeln aus Metallen, deren Härte geringer war, als die der Schallplatte. Nach einer oder höchstens zwei Plattenseiten mußte die Nadel ausgewechselt werden. Die heute allgemein verwendeten modernen Abtastnadeln werden aus gezüchteten Saphiren oder natürlichen Diamanten hergestellt. Mit ihnen lassen sich bis zu 1000 Plattenseiten abspielen, ehe am Abtaststift eine Abnutzung zu erkennen ist. Selbstverständlich lassen sich auch echte Saphire als Abtastnadeln verarbeiten, sie sind jedoch teurer und nicht unbedingt haltbarer als gezüchtete Saphire. Bei den mikroskopisch feinen Rillenabmessungen – insbesondere bei Stereoplatten – werden an die Präzision der Herstellung außerordentlich hohe Anforderungen gestellt, da die Qualität der Abtastnadel einen entscheidenden Einfluß auf die Wiedergabe ausübt.

Da Saphire und Diamanten sehr hart sind, lassen sie sich nur mit entsprechend harten Materialien bearbeiten. Sie werden mit Diamantstaub geschliffen. Das hört sich selbstverständlich an, man erkennt jedoch die Schwierigkeiten erst, wenn man sich einmal die Abmessungen der Abtaststifte vorstellt. So beträgt der Schaftdurchmesser bei einer Länge von ca. 1 mm nur 0,3–0,4 mm. Das Schleifen der Spitze, die nach der Bearbeitung einen – in der Abb. 25 gezeigten – gleichmäßigen Abrundungsradius haben soll, ist der schwierigste Bearbeitungsvorgang. Bei der Betrachtung auch unter einem stark vergrößernden Mikroskop darf keine Oberflächenrauigkeit mehr zu erkennen sein. Die Feinheit des Schliffs und das Einhalten der Abmessungen allein entscheidet jedoch nicht die Nadelqualität. Die optische Testierung (Kristallachse zur Schleifebene) ist für eine gleichmäßige Abnutzung und Unempfindlichkeit gegen harte Stöße außerordentlich ausschlaggebend. Aus diesem Grund sind die sogenannten preisgünstigen Saphirimitationen – das ist meist eine billige Kohlenstoff-Metall-Verbindung – nicht zu empfehlen.

## Die Abnutzung des Abtaststiftes

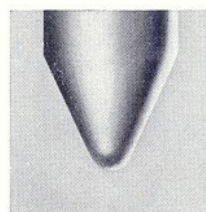


Abb. 25

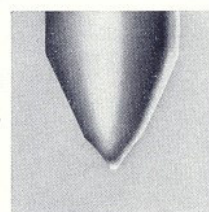


Abb. 26

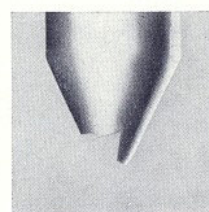


Abb. 27

Abbildung 25 zeigt eine Original-Dual-Nadel mit einwandfreier Spitzenverrundung. Als Abspielnadel ist der Diamant unübertroffen. Er besitzt eine ca. 10 mal größere Härte als der Saphir und hat deshalb – bei sachgemäßer Behandlung – eine wesentlich größere Lebensdauer. Vorausgesetzt, daß die Abtastnadel genau senkrecht zur Plattenoberfläche steht, berührt sie die Rillenflanken – wie in Abbildung 22 gezeigt – an zwei genau gegenüberliegenden Punkten. Die gering anmutende Auflagekraft von beispielsweise 6 p übt an den Berührungsstellen jedoch einen erheblichen Druck aus, der – angenommen der Durchmesser

des Berührungspunktes beträgt  $5 \mu$  und die Rillenflanke sei unendlich hart – mit einem Flächendruck von rund  $22 \text{ t/cm}^2$  identisch ist. Diese Berührungspunkte werden in der Praxis durch die elastische Verformung der Schallplattenmasse und einer Flächenbildung durch den Abschleiß an der Nadel vergrößert, so daß sich der Flächendruck verringert.

Der Schleifvorgang zwischen Platte und Nadel beim Abtasten einer Schallrinne bewirkt bei dieser hohen Belastung – auch beim härtesten Diamanten – einen Abschleiß und damit eine Veränderung der Abtastbedingungen.

Die Abnutzung geht bei einem neuen Abtaststift durch die noch fast punktförmige Auflagefläche zunächst schnell vor sich. Es schleift sich eine ellipsenförmige Fläche (ein Schiffchen) an, womit gleichzeitig die Abnutzungsgeschwindigkeit durch die Vergrößerung der Auflagefläche herabgeht. Wenn jedoch diese Fläche zu groß wird, d. h. die Abnutzung an der Nadel ein kritisches Maß angenommen hat, setzt die Behinderung einer vollwertigen Schallrillenabtastung ein. Die Abschleiß-Fläche an der Nadel ist zu groß geworden, die Nadel kann den kleinen Auslenkungen bei hohen Frequenzen nicht mehr folgen, d. h. sie werden praktisch nicht mehr abgetastet. Bei weiterem Abschleiß paßt sich die Nadel der Rillenform an und gelangt mit der Spitze auf den Rillengrund, wodurch sich ein erhöhtes Rauschen ergibt. Mit einer derart abgeschliffenen Abtastnadel ist eine unverzerrte und störungsfreie Wiedergabe ganz unmöglich (siehe Abbildung 26). Wenn man sagt, daß der Diamant etwa zehnmal so lange benutzt werden kann als der Saphir, so hängt doch die Lebensdauer der Abtastnadel weitgehend vom Zustand und der Pflege der Schallplatten ab. Eine durch Schlag oder Stoß abgesplitterte Abtastspitze (Abbildung 27) zerstört sofort die Schallrinne.

Die Wiedergabe nach einer mechanischen Beschädigung des Abtastsaphirs wird nicht gleich ganz unmöglich sein, doch empfiehlt es sich, der akustischen Wiedergabe stets besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Ist sie plötzlich verzerrt oder tritt ein erhöhtes Rauschen auf, ist der Abtaststift mit Sicherheit beschädigt und sofort auszuwechseln. Nicht immer wird man Beschädigungen oder Abnutzungserscheinungen akustisch gleich feststellen können; wäre das der

Fall, ist es für die abgespielten Rillen auch schon zu spät. Der Abtaststift hat seine Spuren in den Schallrillen dann bereits hinterlassen und sie für eine störungsfreie Wiedergabe unbrauchbar gemacht. Diese Zerstörung der Schallrinne ist dann mit einem anschließend verwendeten einwandfreien Abtaststift akustisch besonders deutlich festzustellen. Staub oder gar tiefe Kratzer quer zu den Rillen sind die ärgsten Feinde des Abtaststiftes. Es ist daher verständlich, wenn man nur bedingt etwa zulässige Betriebsstunden angibt, z. B. für den Saphir max.: 100 Stunden und für den Diamanten ca. 1000 Stunden, vorausgesetzt jedoch, daß sich die mechanische Beanspruchung ausschließlich auf die schleifende Abnutzung in den Schallrillen gepflegter Schallplatten bei empfohlenem Auflagegewicht des Tonarms und einwandfreiem Sitz der Nadel im Nadelträger beschränkt.

Wer Wert auf gute Wiedergabequalität und weitgehende Schonung seiner Schallplatten legt, wird nicht erst abwarten, bis sich die Abnutzung der Abtastnadel durch Verzerrungen akustisch bemerkbar macht, sondern in gewissen Abständen den Zustand der Nadel beim Fachhändler überprüfen lassen.

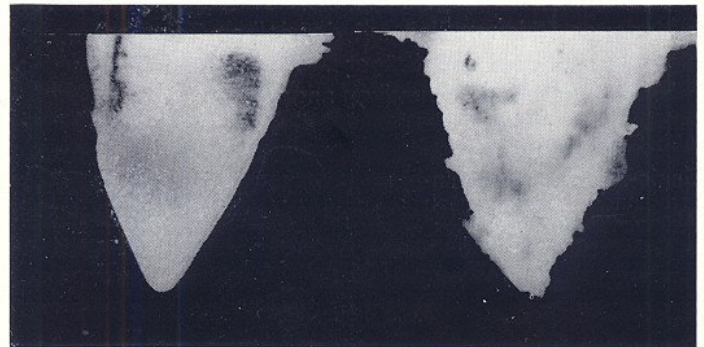


Abb. 29 Saubere und verschmutzte Abtastnadel

Um diese Prüfung durchzuführen, wird zweckmäßigerweise der ganze Tonabnehmerkopf bzw. das Tonabnehmersystem aus dem Tonarm entnommen, was sich in den meisten Fällen ohne Werkzeug durchführen läßt. Die Abtastnadel wird dann mit einem speziellen Nadelprüfgerät (siehe Abb. 28) optisch untersucht und, wenn notwendig, mit dem Nadel-

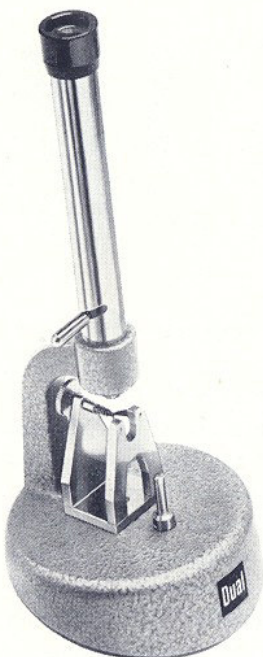


Abb. 28 Dual-Nadel-Mikroskop

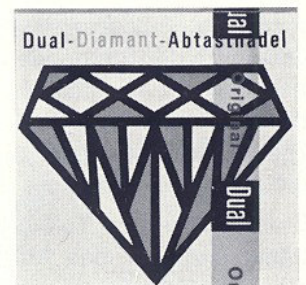
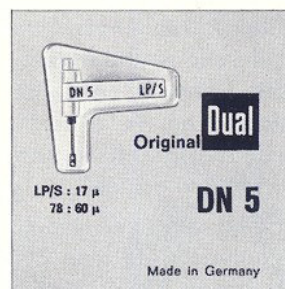


Abb. 30

träger ausgetauscht. Es ist dringend zu empfehlen, sich in jedem Falle eine Original-Ersatznadel (Abbildung 30) einbauen zu lassen. Die Nadel darf nicht aus dem Nadelträger gelöst werden. Abtaststift und Nadelträger sind vom Hersteller fest miteinander verkittet, so daß eine Ersatznadel immer aus Nadel und Nadelträger (evtl. auch deren Halterung, siehe DN 5) besteht. Klangliche Unterschiede bei der Wiedergabe gibt es zwischen der Saphir- und Diamantnadel nicht.

# Das Tonabnehmersystem

In der Anfangszeit der Schallrillenabtastung bediente man sich einer recht klobigen Abtastnadel, deren Auslenkungen über eine Hebelübersetzung auf eine dünne Membrane übertragen wurden. Diese Membrane erzeugte dann, entsprechend der Bewegungen der Abtastnadel, hörbare Schallschwingungen, die durch mehr oder weniger überdimensionale Trichter verstärkt wurden. Dieses war also eine rein mechanische Schallplattenwiedergabe.

Bei den modernen Schallplattenwiedergabeanlagen verwendet man ausschließlich elektromechanische Wandler, bei denen über den Abtaststift die mechanischen Rillenauslenkungen der Schallplatte im Tonabnehmersystem in verhältnismäßige Spannungen umgewandelt werden. Durch die Verfeinerung der Schneidtechnik, bei gleichzeitiger Verringerung der Plattentellerdrehzahlen, werden an den mechanischen Kontakt zwischen der haarfeinen Schallrinne und dem im Vergleich dazu doch recht großen Abtaststift, d. h. die Führung des Abtaststiftes in der Schallrinne, erhebliche Anforderungen gestellt. Die sich in Bruchteilen von Sekunden ändernden Rillenamplituden unterschiedlichster Größe müssen für eine vollwertige und störungsfreie elektromechanische Energieumwandlung präzise abgetastet und mechanisch auf das Wandlerelement übertragen werden. Die Auslenkungen in den Schallrillen neuzeitlicher Schallplatten betragen nur wenige tausendstel Millimeter. Das Wandlerelement muß auch die kleinsten, vom Abtaststift übertragenen Bewegungen trägheitslos verarbeiten und darf diese Bewegungen seinerseits nicht auf den Tonarm übertragen. Es ist wohl verständlich, daß unter diesen Bedingungen an die Präzision des Tonabnehmersystems – sowie des Tonarms, in dem ja der Abtaster montiert ist – besonders hohe Anforderungen gestellt werden und daher mit Recht das Tonabnehmersystem als das kritischste Bauteil in einer Schallplattenwiedergabeanlage bezeichnet werden kann.

## Kristall-Tonabnehmer

Kristall-Tonabnehmer, die sich durch guten Frequenzgang und hohe Ausgangsspannung bei geringem Gewicht und mäßigem Preis auszeichnen, haben heute die verbreitetste Anwendung gefunden. Bei einem Kristall-Tonabnehmersystem wird der bereits 1880 von Curie entdeckte piezoelektrische Effekt praktisch ausgenutzt. An gewissen Kristallen entstehen bei Druckbelastungen (Druck = piezo) auf den Oberflächen elektrische Ladungen. Verbindet man nun zwei kleine Kristallplatten so miteinander, daß sich bei einer gemeinsamen Verbiegung auf ihrer Oberfläche ein elektrischer Potentialunterschied einstellt, so braucht man diese Spannung, die direkt proportional den mechanischen Auslenkungen ist, nur über Oberflächenkontakte abzunehmen und der Verstärkeranlage zuzuführen.

Die Auslenkungen der Schallrillen werden nun vom Abtaststift über zweckmäßig geformte Koppelglieder auf das Kristallelement übertragen. Da diese Auslenkungen im Takt der Aufzeichnung stets Amplitude und Richtung wechseln, entsteht am Kristall auch eine Wechselspannung, die jedoch nur von der Amplitude, nicht aber von der Zeit abhängig ist.

In der Praxis der elektroakustischen Schallplattenwiedergabe haben sich drei – nach verschiedenartigen Prinzipien arbeitende – Tonabnehmersysteme bewährt. Sie unterscheiden sich nicht nur durch ihre Arbeitsweise und die Präzision der elektromechanischen Energieumwandlung, sondern auch durch ihren fertigungstechnischen und damit Kosten-Aufwand.

Zunächst besteht der Wunsch nach einem möglichst hohen Wirkungsgrad der elektromechanischen Energieumwandlung, d. h. die erzeugte elektrische Spannung am System soll möglichst hoch sein, um den Aufwand der nachfolgenden Verstärkung für die akustische Wiedergabe klein zu halten. Dann sollten alle in die Schallplatte eingeschnittenen Tonfrequenzen gleichwertig und mit geringsten Verzerrungen abgetastet werden. Diese beiden Forderungen sind vollwertig nur bedingt gleichzeitig zu verwirklichen. Man hat daher eine gewisse Klassifizierung vorgenommen, indem man diese beiden Forderungen – gemäß den unterschiedlichsten Ansprüchen der Schallplattenwiedergabe – auf zwei verschiedene Tonabnehmersystemgruppen aufgeteilt hat. Die sogenannten Kristallsysteme liefern eine hohe Spannung und können für mittlere Ansprüche als die geeignetsten Tonabnehmersysteme bezeichnet werden. Elektromagnetische bzw. elektrodynamische Systeme erzeugen bei gleicher mechanischer Auslenkung eine wesentlich geringere Spannung als Kristallsysteme. Sie haben jedoch bei entsprechend sorgfältigem und präzisiertem Aufbau vorzügliche Übertragungseigenschaften und werden für anspruchsvolle Wiedergabeanlagen herangezogen.

Prinzipiell arbeiten Stereosysteme wie Monosysteme. Bei einem Stereoabtaster sind jedoch zwei Einzelsysteme (pro Kanal ein System) innerhalb eines Abtasters erforderlich, die allerdings von einem Abtaststift und über ein sinnreiches Kopplungsstück aus der Rinne heraus, je nach den verschiedenen Rillenflankenamplituden, getrennt angeregt werden.

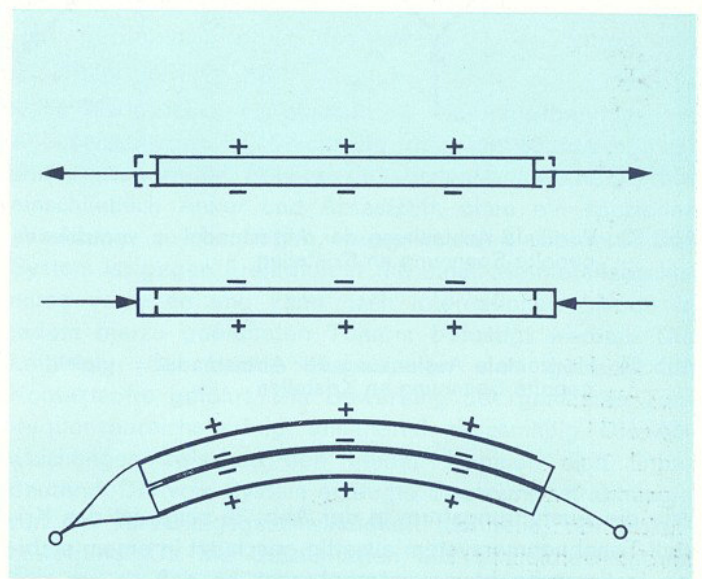


Abb. 31 Funktionsprinzip des piezoelektrischen Kristall-Tonabnehmersystems

Der Wirkungsgrad der elektromechanischen Umwandlung eines Kristall-Tonabnehmersystems ist recht gut. Obwohl die Auslenkungen manchmal nur Bruchteile eines tausendstel Millimeters betragen, werden dadurch doch erhebliche Spannungen erzeugt. Es wurden Systeme gebaut, die bei normalen Schallplatten-Rillenamplituden (Vollaussteuerung) eine Spannung bis zu 15 V erzeugten. Ein besonders gut geeignetes Kristall ist das Seignettesalz. In der Reinheit, wie sie für Tonabnehmer erforderlich ist, kommen sie in der Natur kaum vor. Man züchtet sie aus einer gesättigten, wäßrigen Seignettesalz-Lösung und steuert das Wachstum unter Berücksichtigung bestimmter Forderungen. Die für ein Tonabnehmersystem benötigten kleinen Kristallplättchen (ca. 12 x 4 x 0,3 mm) werden von einem so gezüchteten Kristallblock mit größter Präzision abgesägt. Der piezoelektrische Effekt ist stark davon abhängig, wie diese Kristallplättchen nun aus dem Rohkristall geschnitten wurden, da gewachsene Seignettesalz-Kristalle nicht nur Symmetrieebenen, sondern in ihrem strukturellen Aufbau voneinander verschiedene elektrische und optische Achsen haben.

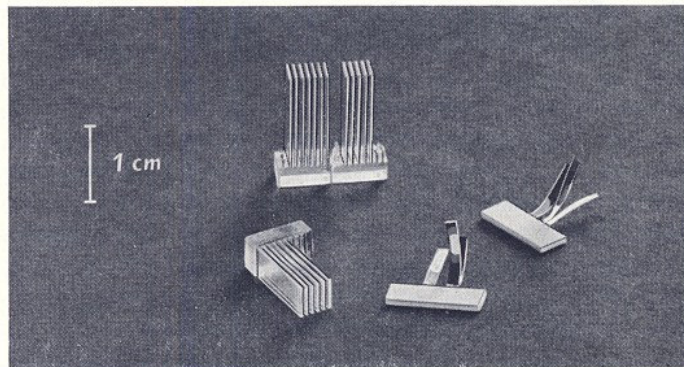


Abb. 32 Kristallplättchen für Tonabnehmersysteme

Für die Abtastung einer Stereoinformation in einer Schallrinne werden zwei mechanisch und elektrisch weitgehend entkoppelte Systeme derart kombiniert, daß z. B. bei einer Bewegung der Abtastnadel N in Richtung L nur der rechte Kristall und bei der Bewegung in Richtung R lediglich der linke Kristall deformiert wird (siehe Abb. 36). Die durch die Deformierungen hervorgerufenen Spannungen können an den Kristalloberflächen abgenommen und dem Verstärker zugeführt werden.

Bei genau vertikaler Auslenkung der Abtastnadel werden beide Kristallelemente in gleicher Weise, jedoch entgegen-

gesetzten Richtungen deformiert. Es entstehen demzufolge gleiche, aber verschieden gepolte elektrische Spannungen (siehe Abb. 33). Wird die Abtastnadel horizontal ausge lenkt, werden jeweils beide Kristalle in gleicher Richtung deformiert und geben deshalb gleichgepolte elektrische Spannungen ab (Abb. 34). Daraus folgt, daß sich bei Parallelschaltung der beiden Kristallelemente die bei vertikaler Auslenkung der Abtastnadel erzeugten elektrischen Spannungen gegenseitig aufheben, wie in Abb. 35 veranschaulicht. Diese Parallelschaltung wird durch Verbinden der beiden „heißen“ Anschlüsse entweder direkt am System oder der Zuleitung vorgenommen.

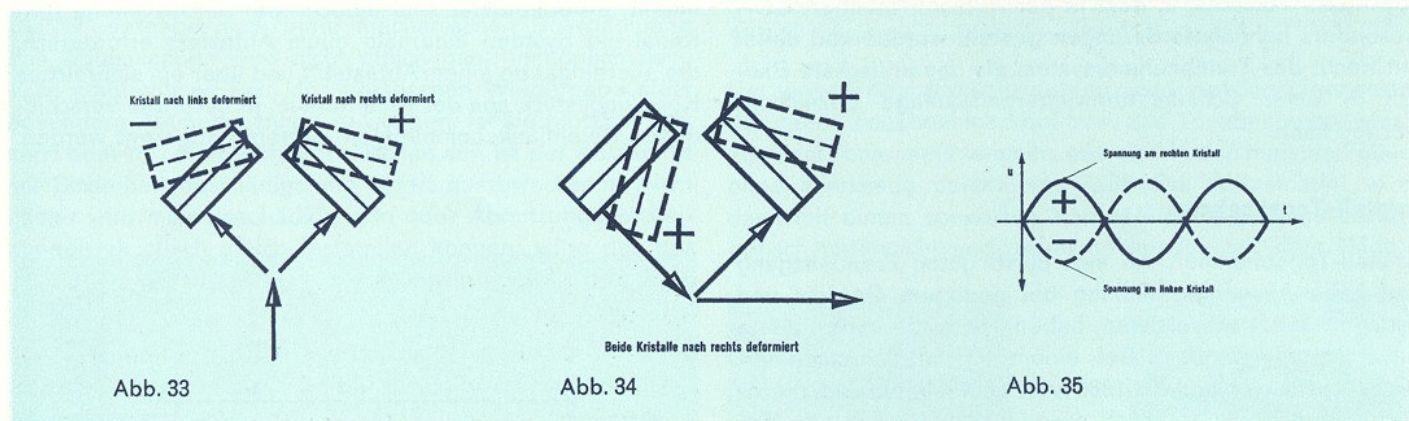


Abb. 33 Vertikale Auslenkung der Abtastnadel = verschieden gepolte Spannung an Kristallen

Abb. 34 Horizontale Auslenkung der Abtastnadel = gleichgepolte Spannung an Kristallen

Abb. 35 Zeitlicher Verlauf der an den Kristallen entstehenden Spannungen bei vertikaler Auslenkung der Abtastnadel (s. Abb. 33)

Die Kurvenform der Spannungen kann beliebig sein. Sie heben sich bei der Zusammenschaltung der Kanäle in jedem Fall auf, wenn sie auf beide Elemente gleichwertig – also aus vertikaler Richtung – einwirken. Deshalb sollten bei der Abtastung von Mono-Schallplatten – zur Verringerung des Störpegels von Laufwerk und Schallplatte – die beiden Stereokanäle stets parallelgeschaltet werden.

Wie die Ausführungsform in der Abb. 38 zeigt, ist das Kristall-Tonabnehmersystem allseitig geschützt in einem stabilen Isolierstoffgehäuse untergebracht, so daß es vor mechanischen Beschädigungen weitgehend geschützt ist. Zur Dämpfung unerwünschter Eigenschwingungen der beweglichen Bauteile ist das Innere mit Silikonpaste gefüllt.

Abb. 39 zeigt den Frequenzgang des Dual CDS 630. Bei einem Frequenzgang bewertet man die Spannungsabgabe in Abhängigkeit der verschiedenen Tonfrequenzen. Wie die Meßkurve zeigt, gewährleistet das CDS 630 die recht gleichmäßige Abtastung und Übertragung des Tonfrequenzbereiches von ca. 30–16 000 Hz.

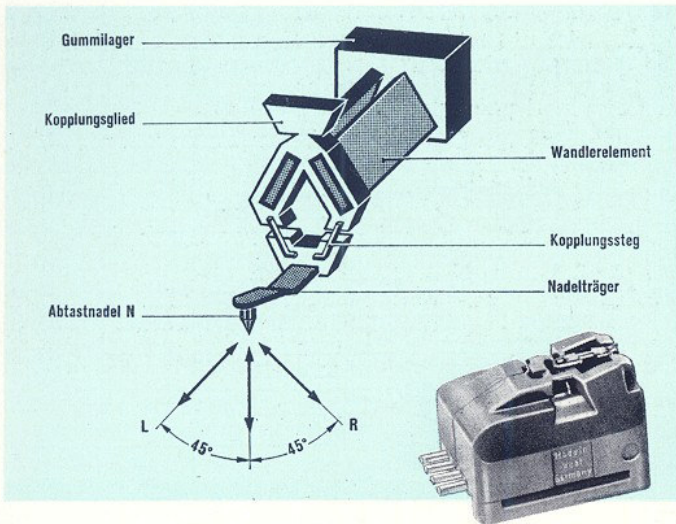


Abb. 36 Prinzipbild und Ausführungsform des Dual-Kristall-systems CDS 420

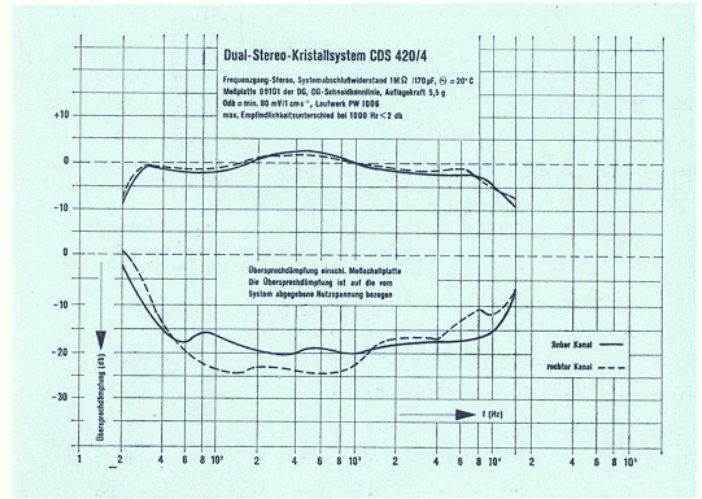


Abb. 37 Frequenzgang des CDS 420

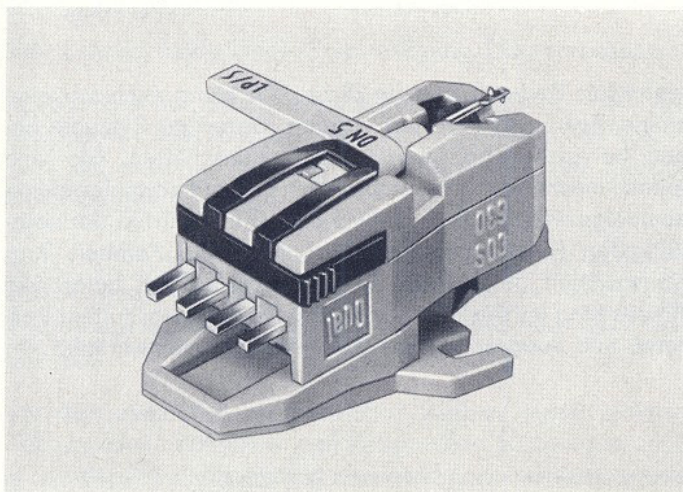


Abb. 38 Das neue Dual-Stereo-Kristall-Tonabnehmersystem CDS 630

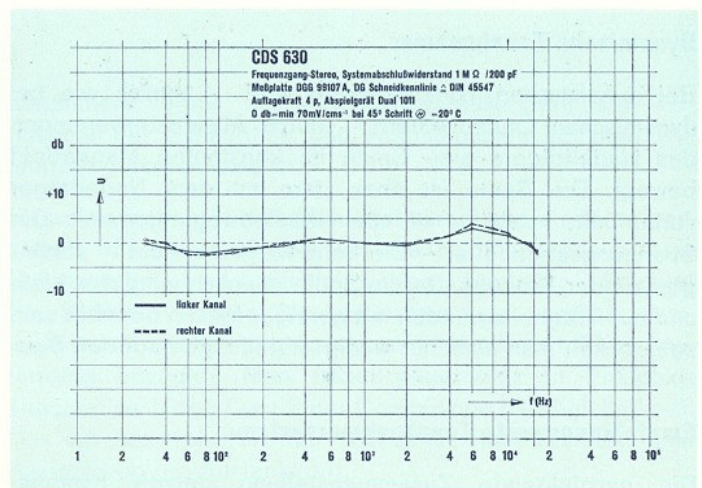


Abb. 39 Frequenzgang des CDS 630

## Magnetische Tonabnehmer

Ein magnetisches Tonabnehmersystem arbeitet nach dem Induktionsgesetz, welches besagt, daß in einem elektrischen Leiter, der in einem Magnetfeld bewegt wird, elektrische Ströme induziert werden; wobei es gleichgültig ist, ob das Magnetfeld oder der Leiter bewegt wird. Konstruktiv ist dieses Prinzip jedoch so gelöst worden, daß sowohl der das Magnetfeld erzeugende Permanentmagnet als auch der zu einer Spule aufgewickelte Leiter fest montiert wird und der magnetische Kreis durch einen – durch die Rillenauslenkungen bewegten – metallischen Anker, an dem auch die Abtastnadel angebracht ist, variiert wird. Bei einer Stereo-Rillenausklenkung werden vom Anker – im Gegensatz zur Mono-Rillenausklenkung – Bewegungen in den verschiedensten Auslenkrichtungen vollführt.

Der Fluß in dem geteilten magnetischen Kreis wird durch den gemeinsamen Anker – an dessen Spitze sich der Abtaststift befindet – im Verhältnis zu den Rillen-Flankenauslenkungen gesteuert, so daß in den beiden Spulen – je

nach Bewegungsrichtung des Ankers – die Tonfrequenzspannung induziert wird.

Beim Austausch des Abtaststifts – der unlösbar mit dem Anker verbunden ist – kann im Interesse eines schnellen und einwandfreien Service das gesamte Lagerungsstück einschließlich Anker und Abtaststift, ohne ein spezielles Werkzeug zu benötigen, ausgewechselt werden. Das System ist gegen Fremdfelder mit einer Mu-Metallabschirmung versehen und kann nach internationaler Norm in jedem hierzu geeigneten Tonarm befestigt werden. Die Leitungen der beiden Kanalspulen sind getrennt an Kontaktstifte geführt. Die Bewertung des gesamten Tonfrequenzbereichs erfolgt annähernd gleichmäßig. Die Abweichungen zwischen den beiden Kanälen sind unbedeutend. Die vom System erzeugte Spannung ist abhängig von der Änderungsgeschwindigkeit (Schnelle) der Ankerbewegung. Da die Schallplatten aus schneidtechnischen Gründen über den gesamten Tonfrequenzbereich nicht mit konstanter Schnelle geschnitten werden, ist die erzeugte Spannung für die richtige Frequenzgangbewertung entsprechend zu korrigieren.

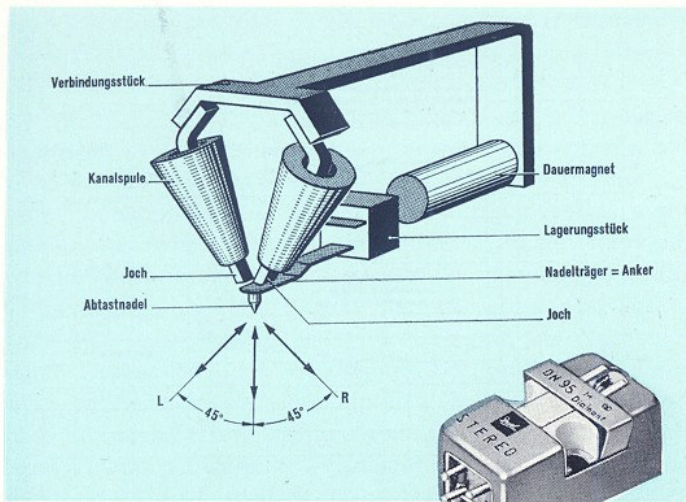


Abb. 40 Prinzipbild und Ausführungsform des Dual-Magnet-systems DMS 900

### Dynamische Tonabnehmer

Bei dynamischen Tonabnehmern wird – ähnlich wie bei dynamischen Lautsprechern – durch Auslenkbewegungen des Nadelträgers eine Spule im konstanten Magnetfeld bewegt. Die Spule ist aber starr mit dem Nadelträger verbunden; macht somit alle Nadelbewegungen mit. Die Spannungsabgabe ist – wie beim Magnetsystem – abhängig von der Schnelle. Da die Spule räumlich möglichst klein und aus Trägheitsgründen mit geringer Masse behaftet sein soll, wickelt man auch nur wenige Windungen auf den Spu-

### Empfehlungswerte Tonabnehmersysteme

Die nachfolgende Zusammenstellung derzeit handelsüblicher Stereo-Tonabnehmersysteme soll einen ungefähren Überblick über eine Reihe guter und international bekannter Systeme geben. Es sind bei weitem nicht alle verwendbaren Systeme aufgeführt, und es ginge über den Rahmen dieser Information hinaus, noch weitere technische Angaben bezüglich der jeder Systemtype eigenen besonderen Eigenschaften zu machen. Es wird deshalb nur die empfohlene Auflagekraft angegeben, die bei Tonabnehmersystemen schon eine genügende Kennzeichnung der Güte ist.

Einige der hier aufgeführten Tonabnehmersysteme wird jeder gute Fachhändler führen und er wird auch weitere Auskünfte geben können.

Ein Hinweis noch:

Der Preis der Tonabnehmersysteme steigt mit kleiner Auflagekraft!

Tonabnehmersystem	Systemart	* Eigen-gewicht = g	empfohlene Auflagekraft
ADC 1	M	7,1	0,75 — 2 p
ADC 2	M	7,1	2 — 4 p
ADC 3	M	7,1	2 — 6 p
ADC Point Four	M	7,0	0,75 — 1,5 p
ADC 660	M	7,0	1,50 — 4 p
ADC 770	M	7,0	2 — 6 p
Astatic 17	Ke	4,8	3 — 4 p
Astatic 187 D	Ke-hoch-kapazitiv	2,0	2 — 3 p
Bang-Olufsen SP 1	M	12,2	2 — 4 p
Bang-Olufsen SP 6	M	12,2	1 — 3 p
Dual CDS 630	K	3,5	3,5 — 4,5 p
Elac STS 222	M	10,6	2,5 — 4,5 p
Elac STS 240	M	10,6	2,5 — 4,5 p

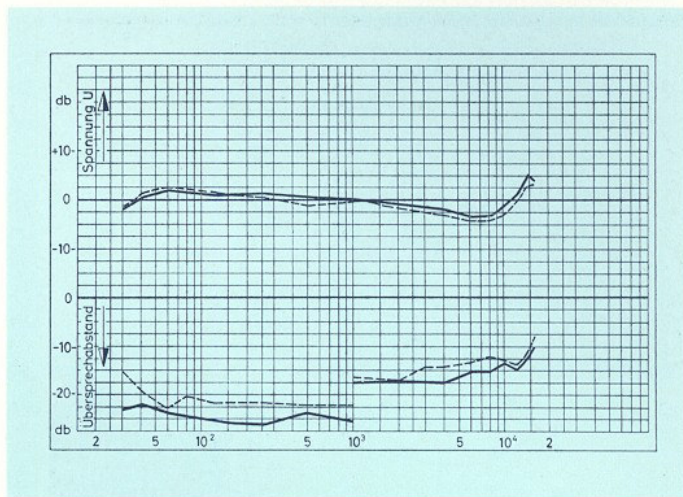


Abb. 41 Frequenzgang-Charakteristik des Stereo-Magnet-systems Shure M 44 M-G mit Dual 1019, über Entzerrer-Vorverstärker Dual TVV 46 gemessen. Meßplatte: DIN 45541 (Schneidkennlinie 3180, 318, 75  $\mu$ s) Auflagekraft: 1,5 p  
 ——— linker Kanal      - - - - - rechter Kanal

lenrtäger. Dadurch kann in dieser Wicklung auch nur eine kleine Spannung induziert werden. Derartige Systeme haben hervorragende Übertragungseigenschaften. Sie sind jedoch mechanisch sehr empfindlich und auf normalen Heimabspielgeräten kaum zu verwenden. Sie bedürfen der sorgfältigsten Behandlung und sind durch die Feinheit ihrer Konstruktion bei kleinen Serien entsprechend teuer. Die Anwendung ist deshalb auf Tonstudios mit geschultem Personal und ausgesprochene HiFi-Liebhaber beschränkt.

Tonabnehmersystem	Systemart	* Eigen-gewicht = g	empfohlene Auflagekraft
Elac STS 322	M	10,6	2 — 2,5 p
Elac STS 322 E	M	10,6	1,5 — 3 p
Elac KST 106	K	5,0	5 — 7 p
Elac KST 110	K	5,0	2 — 4 p
Elektro-Voice 149	Ke	4,5	2 — 4 p
empire 880 P	M	10,75	0,5 — 3 p
empire 880 PE	M	10,75	0,5 — 3 p
empire 888 P	M	8,0	0,75 — 1,5 p
empire 888 PE	M	8,0	0,75 — 1,5 p
Euphonic U 15	Halbleiter-system	2,0	1 — 3 p
Fairchild SM 2	M	10,6	2,5 p
Fairchild F-7	Dy	7,3	0,5 — 2 p
General Electric VR 1000-5	M	9,5	1 — 3 p
Grado MK II	Dy	11,0	1,5 p
Merula	Ke	4,2	3 — 6 p
Micro M-1007 F	M	9,2	2 — 4 p
Micro 2000/5	M	9,0	2 — 1,5 p
Neat VS-700 D	M	7,7	2 — 4 p
Neat VS-1000 D	Dy	13,5	2 — 3 p
Ortofon SPU-T	Dy	17,0	1 — 2 p
Pickering 400 AA	M	11,0	0,5 — 3 p
Pickering 481 AA	M	10,0	0,5 — 2 p
Pickering V-15/AME - 1	M	5,0	0,75 — 3 p
Pickering V-15/DAC	M	5	2,5 — 3 p
Pickering V-15/PD 1	M	5	1 — 1,5 p
Satin M 6-45 E	Dy	4,0	0,5 — 3 p
Shure M 44 - 5	M	7,0	0,75 — 1,5 p
Shure M 44 M-G	M	7,0	1 — 1,5 p
Shure M 44 - 7	M	7,0	1,5 — 3 p
Shure M 55 - E	M	7,0	0,75 — 1,5 p
Shure V 15 - E	M	11,0	0,75 — 1,5 p
Sonotone 9 t	Ke	3,0	2 — 4 p
Sonotone 21 T	Ke	4,0	3 — 5 p
Sonotone 26 T	Ke	3,0	3 — 5 p
Sonotone 27 T	Ke-hoch-kapazitiv	3,0	3 — 5 p

\*) Zu dem Gewicht der Tonabnehmersysteme ist jeweils noch das Gewicht des Befestigungsmaterials (Distanzrollen, Schrauben, Muttern) hinzuzurechnen, das mit ca. 2 g angenommen werden kann.

M = Magnetsystem  
 Dy = Dynamisches System  
 K = Kristallsystem  
 Ke = Keramiksystem

## Umrüstung von Kristall- auf Magnet-Tonabnehmersystem

Magnetsysteme können mit geringerer Auflagekraft betrieben werden als Kristall-Tonabnehmer. Da magnetische Tonabnehmer meist schwerer sind als Kristallsysteme, muß die Auflagekraft des Tonarms mit ausreichendem Spielraum nachträglich verringert werden können. Magnetische Systeme sind gegen magnetische Fremdfelder sehr empfindlich. Normale Laufwerkmotoren für Phonochassis mit Kristallsystembestückung haben für die Verwendung von Magnetsystemen keine ausreichende Streufeldabschirmung. (Brummstörungen!)

Die Spannungsabgabe eines Magnetsystems ist rund hundertmal geringer als beim Kristallsystem. Außerdem muß der Abtast-Frequenzgang entzerrt werden. Es ist also ein zusätzlicher Entzerrer-Vorverstärker erforderlich, wenn für die Verstärkung der Tonfrequenzspannung nur der bisherige Wiedergabeverstärker (z. B. Rundfunkgerät) zur Verfügung steht.

## Qualitätsbestimmende Merkmale bei Tonabnehmersystemen

Auflagekraft, Compliance, Frequenzgang, Übersprechdämpfung

Im Interesse der Lebensdauer einer Schallplatte mußte die Auflagekraft des Tonabnehmers von ca. 8–10 p bei Mikrorillen auf maximal 4–6 p bei der Abtastung von Stereorillen verringert werden.

Man spricht heute nicht mehr von einem Auflagegewicht in Gramm (g), sondern von einer Auflagekraft in pond (p). Die Festsetzung in dieser Form ist bei genaueren physikalischen Überlegungen erforderlich, da das Gewicht eines Körpers von seiner Entfernung und Lage zum Erdmittelpunkt abhängt. Für Auflagekraftbestimmungen bei Tonarmen macht sich diese Abhängigkeit praktisch jedoch nicht bemerkbar, so daß man – ohne großen Fehler –  $1 \text{ p} = 1 \text{ g}$  setzen kann.

Um den speziellen mechanischen Aufbau eines elektromechanischen Wandlers zum Ansprechen zu bringen, muß ja aus der Schallrinne heraus dem mechanischen Aufbau des Wandlers eine bestimmte Bewegungsenergie zugeführt werden. Diese Energie kann um so kleiner sein, je geringer die Rückstellkraft ist, die das Tonabnehmersystem einer mechanischen Auslenkung entgegensetzt. Der mechanische Aufbau neuzeitlicher Systeme spricht bereits bei geringsten Auslenkkraften an. Dabei können magnetische und dynamische Tonabnehmersysteme konstruktiv mit geringeren statischen Rückstellkräften versehen werden als Kristallsysteme, bei denen bei der Übertragung der Rillenauslenkungen nicht nur die Lagerreibung überwunden, sondern auch noch die Kristall-Verbiegungsarbeit aufgebracht werden muß.

Um diese unterschiedlichen Auslenkkraften bei der Schallrillenabtastung qualitativ wirksam werden zu lassen, muß das Tonarmauflagegewicht genau auf das „harte“ oder „weiche“ Tonabnehmersystem abgestimmt werden, da hierdurch bestimmt wird, mit welcher Kraft der Abtaststift auf die Schallrillen gedrückt wird. Es ist ersichtlich, daß „weiche“ Tonabnehmersysteme, also mit kleiner Rückstellkraft, mit geringerem Auflagegewicht arbeiten können und daher eine weitgehendere Plattenschonung bewirken als „harte“ Systeme, die die Flanken der Schallrillen bei erhöhtem Auflagegewicht naturgemäß weniger schonen.

Die kleine Auflagekraft des Stereo-Tonabnehmers setzt also für einwandfreie Schallrillen-Abtastung äußerst geringe statische und dynamische Rückstellkräfte des Stereo-Ton-

Vergleich der optimalen technischen Daten zwischen dem Kristall- und Magnetsystem.

	Kristallsystem	Magnetsystem
Frequenzgang	30–12 000 Hz	10–30 000 Hz
Innenwiderstand bei 10 <sup>3</sup> Hz	250 k $\Omega$	2,5 k $\Omega$
Belastung durch R <sub>E</sub> -Verstärker	≥ 500 k $\Omega$	5–60 k $\Omega$
Spannungsabgabe (max.)	0,8–1,5 V	0,8–15 mV
Kanaltrennung bei 10 <sup>3</sup> Hz	20–25 dB	25–30 dB
Klirrfaktor bei 10 <sup>3</sup> Hz	3–5 %	1–3 %
Intermodulationsfaktor 400/4000 Hz	4–10 %	1–3 %
Compliance	0,5–2.10 <sup>-6</sup> $\frac{\text{cm}}{\text{dyn}}$	20–40.10 <sup>-6</sup> $\frac{\text{cm}}{\text{dyn}}$
Auflagekraft (min.)	3 p	0,5 p

abnehmers voraus, die auch im Interesse geringster Abnutzung der Schallrillen und Abtastspitzen, so klein wie möglich gehalten werden.

Unter statischer Rückstellkraft ist dabei die Kraft zu verstehen, die notwendig ist, um die Nadelspitze aus ihrer Ruhelage um einen bestimmten Weg auszulenken. Sie wird bei Stereo-Systemen für horizontale und vertikale Auslenkung der Nadel angegeben und jeweils auf 60  $\mu$  Auslenkung bezogen. Man findet neuerdings in Prospektangaben auch den Begriff der Compliance (Nachgiebigkeit). Das ist der Kehrwert der statischen Rückstellkraft, also Auslenkweg pro Auslenkkraft.

Eine Rückstellkraft von beispielsweise 2,3 p/60  $\mu$  entspricht einer Nachgiebigkeit von  $\frac{60 \cdot 10^{-4} \text{ cm}}{981 \cdot 2,3 \text{ p}} = 2,66 \cdot 10^{-6} \frac{\text{cm}}{\text{dyn}}$

Die dynamische Rückstellkraft setzt sich aus der statischen Rückstellkraft und der aus der Schwingmasse des Systems resultierenden und auf die Nadelspitze bezogenen Wechselkraft zusammen. Die dynamische Rückstellkraft ist frequenzabhängig und besonders maßgebend für die Abnutzung der Schallrillen und Abtastspitzen bei hohen Frequenzen.

So kennzeichnet also u. a. die Größe der mechanischen Kraft, mit der ein Tonabnehmersystem angeregt werden muß und daraus folgend die Größe der erforderlichen Tonarmauflagekraft, die Güte des Systems.

Da die Informationen der beiden Stereokanäle – getrennt auf beiden Flanken – in einer Schallrinne untergebracht, jedoch nur von einem Abtaststift abgetastet werden, ist es erforderlich, die Empfindlichkeit des Stereoabtasters konstruktiv so auszurichten, daß an den entsprechenden Einzel-Systemen pro Kanal nur dann eine Spannung erzeugt wird, wenn der Abtaststift in der jeweiligen Auslenkrichtung ausgelenkt wird. Das heißt also, daß beispielsweise vom Kanal Links keine Auslenkbewegungen oder Spannungen auf den rechten Kanal übertragen werden dürfen. Diese Forderung ist nur bedingt erfüllbar. So spricht man von Übersprechen, wenn ein Kanal durch den anderen gestört wird. Je größer

die Übersprechdämpfung eines Stereo-Tonabnehmersystems, desto geringer ist die Beeinflussung der beiden Stereo-Kanäle untereinander. In der Praxis strebt man einen Mindest-Übersprechabstand zwischen den Kanälen von 20 dB an. Dieser Wert – der dem Spannungsverhältnis 10:1 entspricht – reicht erfahrungsgemäß aus. Eine zu hohe und auch zu geringe Auflagekraft erhöht das Übersprechen. Die Übersprechdämpfung ist frequenzabhängig, sie geht bei tiefen und hohen Frequenzen etwas zurück. Bei zu geringer Übersprechdämpfung – insbesondere im mittleren Frequenzbereich – geht durch die dann zustande kommende Vermischung der beiden Stereoinformationen die Ortungsmöglichkeit weitgehend verloren.

Die Messung der Übersprechdämpfung sollte über Oktavfilter vorgenommen werden, da die Laufwerkstörspannungen – die meist höhere Werte aufweisen als das Übersprechen – das Meßergebnis stark verfälschen können. Im Bereich des Plattenrauschens (4–6 kHz) kann der Meßwert – besonders bei häufig benutzten Meßschallplatten – ebenfalls beeinflusst werden. Es wird daher dringend empfohlen, die Angaben der Meßplatten-Hersteller bezüglich der Meßplatten-Lebensdauer zu beachten.

Dual-Stereo-Kristallsysteme erfüllen die Forderungen der Stereotechnik nach kleinen Abtastkräften in geradezu idealer Weise und haben dabei ganz vorzügliche Übertragungseigenschaften. Der Wiedergabebereich erstreckt sich von 30 Hz bis 16 kHz bei ausreichender Übersprechdämpfung im gesamten Übertragungsbereich.

Für hochwertige Wiedergabeanlagen ist jedoch ein nach magnetischem Prinzip arbeitendes Stereo-Tonabnehmersystem mit über den Hörbereich hinausragenden Frequenzgang vorzuziehen. Diese modernen Tonabnehmer zeichnen sich aber nicht nur durch den günstigen Übertragungsbereich aus. Die auf Grund des Konstruktionsprinzipes mögliche, wesentlich größere Nadelnachgiebigkeit (Compliance) und die daraus resultierende kleinere Auflagekraft tragen sowohl zur Werterhaltung der Schallplatte als auch zu einer wesentlich größeren Verwendungsdauer des Abtastdiamanten bei.

Besonders wichtig ist gerade bei HiFi-Tonabnehmersystemen die Einhaltung der vom Systemhersteller empfohlenen Auflagekraft. Wird diese über das empfohlene Maß erhöht, nimmt zunächst das Übersprechen zu. Ferner kann bei besonders empfindlichen Tonabnehmersystemen und grober Falscheinstellung eine Beschädigung oder gar Zerstörung der Abtastnadel eintreten.

### Klirrfaktor und Intermodulationsverzerrungen

Die Kurvenform einer abgetasteten Schwingung bleibt nur so lange originalgetreu erhalten, so lange die Linearität der Übertragungsanlage gewährleistet ist. Das gilt nicht nur für den Wiedergabeverstärker, sondern im besonderen Maße auch für die elektromechanischen und elektroakustischen Wandler; also Tonabnehmer und Lautsprecher.

Die bei der Schallplatten-Wiedergabe akustisch wahrnehmbaren Verzerrungen können grundsätzlich in allen Übertragungsgliedern entstehen und es bedarf schon einer gewissen Erfahrung, aus den akustischen Eindrücken die Verzerrungsursache zu erkennen.

Um die subjektiv empfundenen Verzerrungen bei der Wiedergabe auch durch ein objektives Maß wertmäßig erfassen zu können, ist in der Phonotechnik der Begriff des Klirrfaktors geschaffen worden. Er wird für die wichtigsten Bausteine einer elektroakustischen Übertragungskette, also Tonabnehmer, Verstärker und Lautsprecher, in Prozent angegeben und soll möglichst klein sein. Die Hörbarkeit des Klirrfaktors hängt stark vom übertragenen Frequenzbereich ab. Je ausgedehnter der Übertragungsbereich – insbesondere zu hohen Frequenzen hin – ist, desto kritischer wird sein Einfluß. Unterhalb 4 kHz kann man bis zu 10 % zulassen. Liegt die obere Grenzfrequenz bei 16 kHz, sollten 3 %

als höchstzulässiger K-Wert eingehalten werden. Bei der Kombination bestimmt das Aggregat mit dem größten Klirrfaktor die Übertragungsqualität. Daher ist es z. B. unsinnig, ein hochwertiges Tonabnehmersystem mit einer billigen Radio-Geräteendstufe zu kombinieren oder umgekehrt einen HiFi-Verstärker mit einem Kristallsystem auszusteuern. Die Qualitäten der einzelnen Komponenten müssen aufeinander abgestimmt sein und auch durch die Zusammenschaltung dürfen keine neuen Verzerrungen hinzukommen (z. B. durch Übersteuerung des an sich guten Verstärkers bzw. Lautsprechers oder bei Fehlanpassung des Tonabnehmers).

Glücklicherweise addieren sich die Einzelklirrfaktoren nicht arithmetisch, sondern geometrisch. So wird z. B. eine Kombination mit den Einzelklirrfaktoren: Tonabnehmer 5 %, Vorverstärker 1 %, Endstufe 2 % und Lautsprecher 2,5 % als Gesamtklirrfaktor nicht 10,5 %, sondern 6 % ergeben. Da man Verzerrungen bei rein elektronischen Bauteilen – wie sie die Wiedergabe-Verstärker darstellen – am sichersten beherrschen kann und das Angebot von preiswerten HiFi-Verstärkern – die bei voller Nennleistung Klirrfaktoren  $\leq 1\%$  aufweisen – groß ist, könnte man leicht geneigt sein, an eine erhebliche Verbesserung der Wiedergabe durch einen Leistungsverstärker mit 0,5 % Klirrfaktor zu glauben. Das ist jedoch ein Trugschluß, denn in der obigen Kombination ergäbe sich dann trotzdem noch ein Gesamtklirrfaktor von 5,8 %. Die bei der Schallrillenabtastung im Tonabnehmersystem entstandenen Verzerrungen hängen nicht nur von der Güte des Systems, sondern auch von verschiedenen anderen Faktoren ab, z. B. von der Konstruktion des verwandten Tonarmes, der richtigen Auflagekraft sowie von Abnützungserscheinungen an Abtaststift und Schallrinne. Deshalb kann der Hersteller die angegebenen System-Klirrfaktoren natürlich nicht unter allen Umständen garantieren. Tonabnehmer und Laufwerk müssen für eine HiFi-Wiedergabe optimal aufeinander abgestimmt sein, da nur dann die Gewähr gegeben ist, eine der kritischsten Verzerrungsursachen bei der Schallplatten-Wiedergabe klein zu halten.

Wie sich beispielsweise eine zu niedrige Tonarmauflagekraft bei der Abtastung auswirkt, zeigt das einfache Beispiel der damit verbundenen Kurvenform-Verzerrung einer Sinusschwingung (s. Abb. 42). Etwa das gleiche Bild würde sich ergeben, wenn die Reibung des Tonarmlagers für die horizontale Bewegungsrichtung zu groß wäre.



Abb. 42 Kurvenform-Verzerrung durch falsche Auflagekraft

Bei der Abtastung einer Musikschallplatte müssen wesentlich kompliziertere Kurvenformen (s. auch Seite 6) abgetastet und somit an die Verzerrungssicherheit der Anlage, insbesondere des Tonabnehmers, erhebliche Anforderungen gestellt werden. Die objektive Messung der entstandenen Verzerrungen bei der Musikwiedergabe ist kaum möglich. Wenn man sie auch labormäßig messen könnte, wirken doch in der Praxis die verschiedensten Faktoren mit, die im einzelnen alle dazu beitragen, daß ein Vergleich der – unter Einschränkungen und optimalen Bedingungen – gemessenen objektiven Klirrfaktorwerte, mit den im Heimbetrieb subjektiv empfundenen Störungen, nicht möglich ist.

Als einfaches Kriterium bei der Bewertung elektrischer Verstärker kann die Aussteuerungs-Kennlinie herangezogen werden. Die Kurvenform bleibt im linearen Bereich dieser Kennlinie erhalten. Eine Abweichung von der Geraden um 1 dB ergibt einen Klirrfaktor von ca. 3 %. Im nichtlinearen Bereich (in der Krümmung) entstehen Obertöne, die – solange nur eine periodische Schwingung mit der Frequenz  $f$  abgetastet wird – harmonisch zum Grundton sind, also  $2f$ ,  $3f$ ,  $4f$  usw. (s. Abb. 43).

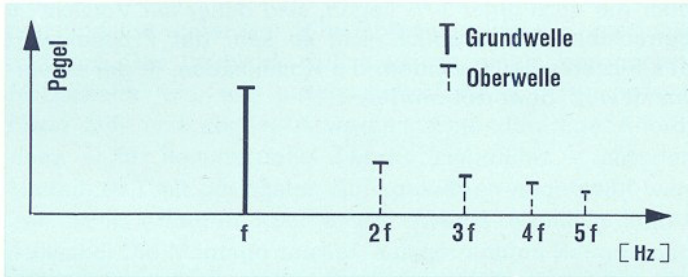


Abb. 43 Oberwellen zur Grundfrequenz  $f$

Die Spannungen der entstandenen Oberwellen werden zu der Spannung der Grundwelle ins Verhältnis gesetzt und das Ergebnis

$$K = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}{U_1^2}} \cdot 100\% \text{ als Gesamt-Klirrfaktor bezeichnet.}$$

Eine ausschließliche Klirrfaktorangabe für einen Verstärker besagt jedoch nichts, solange nicht die Meßfrequenz und die Ausgangsleistung, bei der der Klirrfaktor gemessen wurde, angegeben wird. Außerdem sollten die Verzerrungen für mehrere Frequenzen – vorzugsweise an den Grenzen des Übertragungsbereiches – angegeben werden (s. Abb. 44).

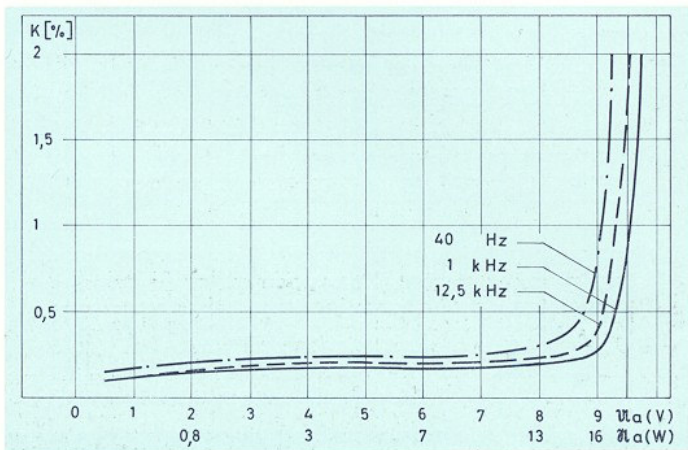


Abb. 44 Verstärker-Klirrfaktor in Abhängigkeit von Frequenz und Ausgangsleistung beim Hi-Fi-Stereo-Verstärker Dual CV 4

Wird ausschließlich die Spannung der entstandenen ersten Oberwelle (die auch meist den Hauptverzerrungsanteil liefert) auf den Pegel der Grundwelle bezogen, erhält man den quadratischen Klirrfaktor

$$K_2 = \frac{U_{f_2}}{U_{f_1}} \cdot 100\%$$

gleichermaßen für die zweite Oberwelle den kubischen Klirrfaktor

$$K_3 = \frac{U_{f_3}}{U_{f_1}} \cdot 100\%$$

Abb. 45 zeigt die Abhängigkeit von  $k_2$  bei einem Tonabnehmersystem für eine Meßfrequenz von 1 und 5 kHz

vom Rillenradius. Da die Schallplatte mit konstanter Winkelgeschwindigkeit umläuft, verringert sich die Wellenlänge einer Frequenz von außen nach innen maximal um den Faktor 2,3. Durch dieses allmähliche Zusammenrücken der Wellenlängen entsteht für den Abtaster eine vom Rillenradius abhängige unterschiedliche Beanspruchung, die sich in einer meßtechnisch feststellbaren Zunahme der Verzerrungen ausdrückt.

Hieraus resultiert auch die bekannte Erscheinung, daß bei der Wiedergabe einer Musikschatplatte zum Platteninnern hin die Wiedergabequalität merklich schlechter wird. (Vergleiche in der nebenstehenden Abbildung eine elektrisch gleichwertige Sinusschwingung bei kleinstem und größtem Rillenradius.)

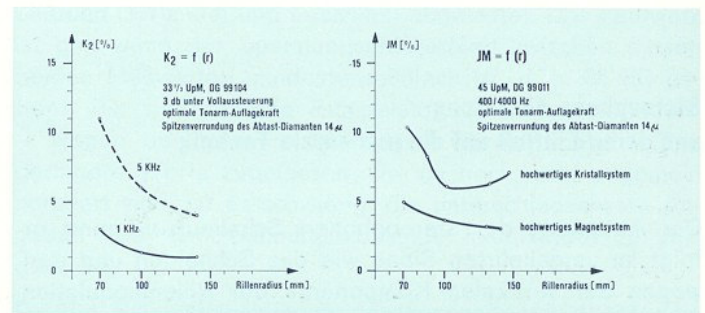
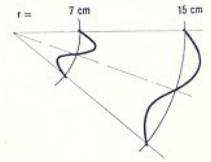


Abb. 45 Klirr- und Intermodulationsverzerrungen bei Tonabnehmersystemen in Abhängigkeit vom Rillenradius

Die Abb. 45 zeigt mit den relativ hohen  $k_2$ -Werten nun nicht etwa die Meßergebnisse eines schlechten Tonabnehmersystems, im Gegenteil, diese Messungen wurden unter optimalen Bedingungen mit einem der besten Studiosysteme durchgeführt. Die Klirrfaktoren billiger Kristallsysteme liegen natürlich noch höher. Manchmal ergeben sich jedoch gleiche Größenordnungen oder auch noch kleinere Werte. Das ist durch den Aufbau dieser Systeme bedingt. Der kapazitive Innenwiderstand begrenzt – besonders bei hoher Grundwelle – die Übertragung der entstandenen Oberwellen.

Solange die angeschlossenen Lautsprecher nicht übersteuert werden, bleibt ihr Klirrfaktor klein (ca. 1–3 %). Es ist aber empfehlenswert, die Belastbarkeit der Lautsprecher-Bestückung mindestens ebenso groß, wie sie die maximal ausnutzbare Verstärkerleistung beanspruchen würde, zu wählen und nach Möglichkeit getrennte Hoch- und Tieftonsysteme vorzusehen, da insbesondere bei tiefen Frequenzen und großer Lautstärke der Lautsprechermembrane erhebliche Auslenkbewegungen aufgezungen werden und nichtlineare Auslenkbewegungen – besonders bei einer leicht möglichen Ungleichmäßigkeit der Membraneinspannung – den Klirrfaktor erheblich ansteigen lassen. Obertöne allein bewirken jedoch noch keinen ausgesprochenen Störeindruck, da sie zur Grundwelle harmonisch klingen und bei den natürlichen Lauten der Sprache und Musik ohnehin schon vorhanden sind.

Werden zwei Frequenzen gleichzeitig abgetastet, entstehen im Bereich der gekrümmten Kennlinien Summen- und Differenzfrequenzen, die nun allerdings nicht mehr harmonisch zu den Grundtönen sind (s. Abb. 46) und einen erheblichen Verzerrungseindruck bewirken. Diese Verzerrungen werden unter dem Begriff Intermodulation erfaßt. Bei wertmäßigen Angaben muß man unterscheiden zwischen dem Intermodulationsgrad und dem Intermodulationsfaktor. Während der meist angegebene Intermodulationsgrad 100 % werden kann, beträgt der maximale Wert des Inter-

modulationsfaktors nur ca. 30 %. Die Intermodulationsmessung ist international noch nicht einheitlich, deshalb ist

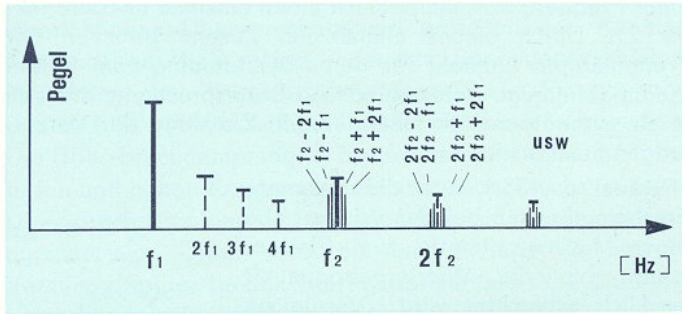


Abb. 46 Entstandene Summen- und Differenzfrequenzen durch Intermodulation von  $f_1$  und  $f_2$

### Stereophone Abtastung und deren Einfluß auf die monaurale Technik

Die Abtastung der stereophonen Schallaufzeichnung erfolgt im umgekehrten Sinne wie das Schneiden und darf, wegen der vertikalen Komponente der Rillenmodulation, nur mit dem Stereo-Tonabnehmersystem vorgenommen werden. Bei der Abtastung der Stereo-Rille mit einem monauralen Tonabnehmersystem würde die Modulation, durch die beim Monosystem vorhandene geringe Nachgiebigkeit des Systems in vertikaler Richtung, zerstört. Trotzdem braucht man nicht gleich zu verzweifeln, wenn man aus Versehen eine Stereoplatte mit einem monauralen Tonabnehmersystem abgetastet hat. Die heutige Qualität der Schallplattenmasse hält das schon einmal aus. Mit einem Stereo-System kann man jedoch ohne weiteres eine Mono-Schallplatte abtasten. Der Wert einer monauralen Schallplattensammlung wird also durch die Anschaffung einer Stereoapparatur nicht vermindert. Im Gegenteil — man erreicht durch Abtastung einer Mono-Schallplatte mit einem parallelgeschalteten Stereosystem eine saubere, störungsfreiere Wiedergabe als mit einem Monosystem. Die z. B. bei den Dual-Stereoverstärkern in die Bedienelemente einbezogene Stereotaste bietet die Möglichkeit, diese Parallelschaltung herbeizuführen. Bei Stellung  $\odot$  der Stereotaste sind beide Kanäle zur Stereo-Wiedergabe getrennt geschaltet. In der zweiten Schaltstellung der Stereotaste  $\circ$  werden die beiden Kanäle bzw. die beiden Elemente des Stereo-Tonabnehmersystems parallelgeschaltet. Es wird dann bei der Abtastung monauraler Schallplatten die vertikale Störkomponente völlig beseitigt, gleichgültig, ob sie auf der Schallplatte als Rumpeln enthalten war oder durch Störgeräusche des Abspielgerätes verursacht wurde. Besonders deutlich und angenehm wird die Kompensation vertikaler Störeffekte empfunden, wenn Schallplatten durch häufiges Abspielen und lieblose Behandlung bei der Abtastung mit dem Monosystem knistern und rauschen. Beim Abspielen monauraler Schallplatten wird somit — wie oben bereits angedeutet — eine Wiedergabegüte erreicht, wie sie mit den bisherigen einkanaligen Tonabnehmersystemen kaum möglich ist. Mit dieser — so bedeutsamen — Taste wird außerdem bei Parallelschaltung (d. h. Taste in Stellung  $\circ$ ) eine beträcht-

es notwendig, zusätzlich die Meßfrequenzen und deren Amplitudenverhältnis anzugeben. Die Abb. 45 zeigt den IM-Faktor für je ein hochwertiges Kristall- und Magnet-system. Die Werte liegen zahlenmäßig hoch. Das ist rein theoretisch auch bedingt, da für den Fall, daß — bei den zur Intermodulationsmessung herangezogenen Frequenzen — der Spitzenwert der Aussteuerung gleich ist wie bei der Klirrfaktormessung, sich für den quadratischen Intermodulationsfaktor  $m_2$  das 3,2fache des quadratischen Klirrfaktors  $k_2$  ergeben muß. Angaben von IM-Faktoren, die um 1 % oder gar noch unter 1 % liegen, sind daher mit Vorsicht zu betrachten und es sollte nicht so sehr der Prospektwert des Einzelbauteils, sondern die Kombination, in der es verwendet wird, bewertet werden.

liche Linearisierung des Frequenzganges nicht nur bei den hohen, vor allem auch bei tiefen Frequenzen erreicht. Darüber hinaus bietet sie die einzige Möglichkeit beim Abspielen einer Stereo-Schallplatte, den stereophonen Effekt, die Mittenjustierung bzw. das Ausbalancieren der Stereo-Anlage während des Spieles vorzunehmen bzw. zu kontrollieren.

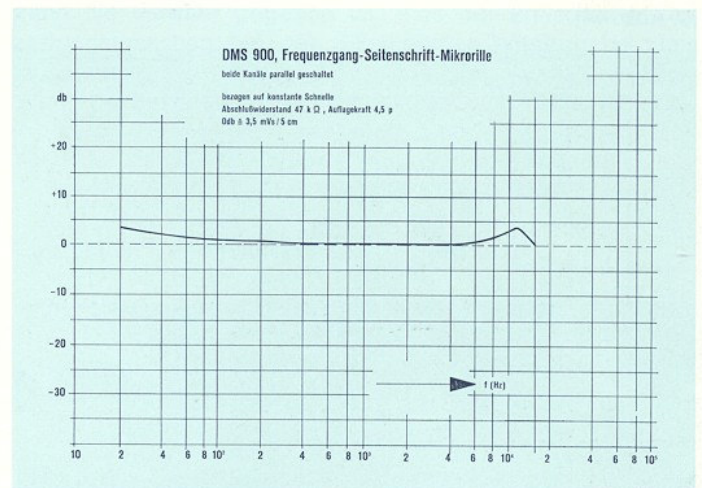


Abb. 47 Frequenzgang des DMS 900 mit parallelgeschalteten Kanälen bei der Abtastung von Seitenschrift

Möglich wäre es, Stereoplatte auf einer Einkanalapparatur abzuspielen, wenn man in den alten Tonarm ein Stereo-Tonabnehmersystem einsetzen und die Tonarmauflegekraft von 10 auf 6 p verringern kann. Die beiden Ausgänge des Systems müssen dann parallelgeschaltet werden. Die Stereoaufzeichnung erklingt nun zwar monophon, aber — sofern sie „compatibel“ ist — ohne klangliche Beeinträchtigung. Compatibel sind alle Stereoaufnahmen, die nach Parallelschaltung beider Kanäle eine vollwertige Monowiedergabe ermöglichen.

# Stereo-Plattenabspielgeräte

Man unterscheidet bei Plattenabspielgeräten zwischen manuell zu bedienenden Laufwerken (Turntables), die keinen angebauten Tonarm aufweisen, und den heute allgemein üblichen Abspielgeräten mit organisch eingebautem Tonarm und den verschiedensten Bedienungsautomatiken. Beim Turntable wird besonderer Wert auf störungsfreien Antrieb des sehr großen und schweren Plattentellers gelegt. Der Tonarm wird getrennt vom Laufwerkchassis montiert und übt außer der Rillenabstastung keine Steuerfunktion aus. Das Laufwerk muß also von einem besonderen Netzschalter ein- und ausgeschaltet und der Tonarm von Hand auf- und abgesetzt werden. Eine derartige Anordnung – für kommerzielle Zwecke eingeführt – hat den Vorteil, daß mit geringsten Auflagekräften abgetastet werden kann, erfordert aber einen unverhältnismäßig hohen Aufwand. Die Montage solcher, aus getrennten Baugruppen – Antrieb mit Plattenteller einerseits und Tonarm mit Lagerung andererseits – bestehender Plattenspieler erfordert zudem ein Maß an Präzision, das nur in einer dafür eingerichteten Spezialwerkstätte erreicht werden kann. Dies wird sofort klar, wenn man berücksichtigt, daß bereits eine Verschiebung der vom Tonarmhersteller angegebenen Koordinaten für den Drehpunkt des Tonarmes um Bruchteile von Millimetern eine erhebliche Zunahme des Tonarmfehlwinkels bedeutet, die sich unmittelbar auf den Klirrfaktor auswirkt.

Dual hat deshalb auch hier wieder Pionierarbeit geleistet und HiFi-Plattenspieler entwickelt, die in allen Meßwerten die Leistungen bisher bekannter Turntables nicht nur erreichen, sondern sogar übertreffen und dabei einen Bedienungskomfort aufweisen, der bis dahin bei HiFi-Plattenspielern für unerreichbar gehalten wurde.

Bei den bisher bekannten Plattenspielern und -wechslern für den Heimbetrieb bildet das Laufwerk mit dem Tonarm eine Einheit. Dadurch besteht die Möglichkeit, Plattentellerantrieb und Tonarmbewegungen für den automatischen Betrieb zu kombinieren. Der dazu erforderliche mechanische Steuerungsaufwand braucht die Qualität des Plattentellerantriebs und die Funktion des Tonarms während der Schallrillenabstastung in keiner Weise nachteilig zu belasten. Diese modernen Plattenabspielgeräte lassen sich somit

1. als **Plattenwechsler**,
2. als **automatische Plattenspieler** (also Einzelspiel ohne Plattenabwurf von der Stapelachse) und
3. als **manuell zu bedienendes Laufwerk** betreiben.

Die Verfeinerung der Schneidtechnik und die zusätzliche Tiefenkomponente der Stereo-Schallrinne fordern in vieler Hinsicht erhöhte Präzision der Mechanik des Abspielgerätes. Keinesfalls ist ein bisher monaurales Abspielgerät durch einfaches Aufstecken eines Stereo-Tonabnehmerkopfes in ein Qualitäts-Stereo-Abspielgerät umwandelbar. Es müßten vielmehr alle die Dinge in gleichem Maße verfeinert werden, die in Relation zur Auflagekraft stehen, wie z. B. auch die Reibungskräfte der Tonarmlager. Auch dann dürfte die Stereo-Wiedergabe kaum befriedigend sein, weil die vertikale Störkomponente monauraler Abspielgeräte, die bisher bei der Seitenschrift-Abtastung unwesentlich war, sich nunmehr aber voll auswirkt und die Wiedergabe störend beeinträchtigt.

Ungleichförmigkeiten im Antrieb des Laufwerks (Rumpeln) und Vibrationen des Motors (Brummen) wirken sich durch die vertikale Empfindlichkeit der Stereosysteme besonders nachteilig aus. Es ist daher nicht zu empfehlen, ein Monolautwerk durch Auswechseln des Tonarmes in ein Stereolautwerk umwandeln zu wollen.

Dual ist deshalb nicht den Weg der einfachen Adaption der monauralen Abspielgeräte gegangen, sondern hat alle Stereo-Abspielgeräte von Grund auf speziell für diese neue Technik entwickelt.

Die Messung des Rumpelstörabstandes erfolgt nach Empfehlungen der NARTB (Nationale Association of Radio and Television Broadcasters). Danach werden wechselweise über ein spezielles Filter auf einer Meßplatte 100 Hz Amplituden (1,4 cm/s) und Leerrillen abgetastet. Das Laufwerk ist gut, wenn der Spannungsunterschied zwischen diesen beiden Meßwerten mindestens 56fach ist, d. h. 35 dB beträgt. Für tieffrequente Rumpelstörungen werden jedoch – wegen der frequenzabhängigen Ohrempfindlichkeit – geringere Werte zugelassen. Da sie noch nicht allgemein normiert sind, ist es schwierig, die unterschiedlichsten Angaben über Störspannungsabstände miteinander zu vergleichen.

Da die Rillenauslenkungen gewissermaßen erst auf dem Umweg über Abtaststift, Zunge und Kopplungsglied auf das eigentliche Wandlerelement übertragen werden, ist es wichtig, daß keine Fremdeinflüsse die Abtastbewegungen dieser Bauteile stören oder sich den – von den Rillenauslenkungen stammenden mechanischen Bewegungen – überlagern. Bei dem verringerten Auflagegewicht und der geringen Rückstellkraft sind die Tonarme außerordentlich empfindlich gegen Erschütterungen. Dieses wird verständlich, wenn man bedenkt, daß bereits Rillenauslenkungen von einigen  $\mu$  ( $10^{-6}$  m =  $1/1000$  mm) genügen, um beim Abtastsystem Vollaussteuerung zu erreichen.

Besonders bei Stereo-Tonabnehmersystemen, die auch in der Vertikalen eine große Empfindlichkeit besitzen, wirken sich bei der Wiedergabe Unregelmäßigkeiten im Plattentellerantrieb akustisch besonders nachteilig aus. Man kann einen ausreichenden Abstand zwischen der vom Tonabnehmersystem erzeugten Nutz- und Störspannung nur erreichen, wenn man alle Antriebsteile mit höchster Präzision fertigt und das montierte Antriebsaggregat strengen Auswahlprüfungen unterzieht. Durch federnde Aufhängung des Plattenspielers kann man eine weitgehende Dämpfung gegen akustische Rückkopplung und Gehäuseerschütterungen erreichen. Die Aufhängefedern sind reibungsgedämpft und gegen das Werkbrett körperschallisoliert.

Trittschallerschütterungen sind in der Mitte eines Raumes am größten, deshalb wird man zweckmäßiger den Plattenspieler an einer Wand aufstellen.

Da sich bei neuzeitlichen Tonarmen der Tonarmkopf bzw. der Einsatz auswechseln läßt und somit für die wahlweise Benutzung von Kristall- oder Magnetsystemen eingerichtet ist, besteht durchaus die Möglichkeit, Tonabnehmerqualität und Betriebsart den jeweiligen Ansprüchen anzupassen. Hier ist dann das Vorhandensein eines streuarmlen 4pol. Motors und die Möglichkeit der kontinuierlichen Einstellung der Tonarmauflagekraft besonders wichtig.

Gleichlaufschwankungen, die entstehen, wenn sich der Plattenteller nicht mit konstanter Winkelgeschwindigkeit dreht, verursachen Tonhöenschwankungen.

Bei Gleichlaufabweichungen bewertet man:

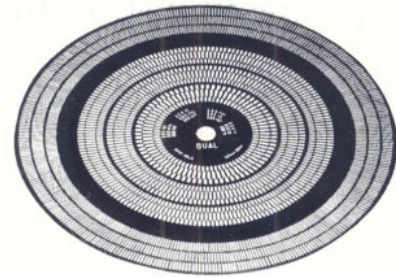
1. die Abweichungen von der Nenndrehzahl (Schlupf)
2. langsame Tonhöenschwankungen (»Wow«)
3. schnelle Tonhöenschwankungen (»Flutter«)

Die Abweichung von der Nenndrehzahl – die mit Hilfe einer Stroboskopscheibe sehr genau festgestellt werden kann – beträgt bei den Dual-Laufwerken höchstens  $\frac{1}{2}$  Umdrehung; wenn man die Drehzahl des Plattentellers bei der Abtastung eines großen Plattendurchmessers mit der Drehzahl bei der Abtastung des kleinsten Durchmesserbereiches vergleicht. Die Drehzahl wird im Werk mit geringstmöglicher Toleranz auf die Nenndrehzahl eingestellt und ist so bemessen, daß auch bei Netzspannungsschwankungen von  $\pm 10\%$  der Drehzahl schlupf höchstens  $0,3\%$  beträgt. Damit ist gewährleistet, daß sich die absolute Tonhöhe während des Abspielens beispielsweise bei einer 30-cm-Langspielplatte – auch für geschulte Ohren – praktisch nicht verändert; denn es können erst dann zwei verschiedene Töne festgestellt werden, wenn ihre Frequenzen um etwa  $0,5\%$  voneinander verschieden sind.

Bei starken Temperaturschwankungen ist eine höhere Abweichung möglich, besonders wenn nachträglich ungeeignetes Öl zur Lagerschmierung verwandt wird. Wir empfehlen daher für das Nachschmieren ausschließlich Original-Schmierstoffe zu verwenden.

Die langsamen Tonhöenschwankungen, die durch einen schlagenden Plattenteller, meistens aber durch eine schlecht zentrierte Schallplatte (ausgeschlagenes Mittelloch) auftreten, sowie die schnellen Tonhöenschwankungen, sind jedoch für den akustischen Eindruck einer Wiedergabe weitaus unangenehmer, da das menschliche Ohr hiergegen außerordentlich empfindlich ist.

Bei Frequenzen  $> 500$  Hz sind Frequenzschwankungen um  $3\text{‰}$  noch festzustellen. Für alle Dual-Laufwerke gilt daher dieser Wert als höchstzulässige Grenze.



Wird die Stroboskopscheibe auf den rotierenden Plattenteller gelegt und aus dem Wechselstrom-Lichtnetz beleuchtet, so scheint die kreisringförmige Strichteilung der gewünschten Tourenzahl – trotz Rotation der Scheibe – stillzustehen, wenn die Drehzahl des Plattentellers mit der Soll-Drehzahl übereinstimmt. Mit dieser verblüffend einfachen Methode kann eine sehr genaue Drehzahlkontrolle vorgenommen werden.

Bei einer genauen Messung der Gleichlaufschwankungen werden diese über eine Frequenzänderung festgestellt. Steht keine Meßapparatur zur Verfügung, kann man z. B. beim Abspielen einer Klavieraufnahme den Gleichlauf durch die – besonders bei langanhaltenden Grundtönen – auftretenden Tonhöenschwankungen leicht beurteilen. Tritt ein »Jaulen« auf, so sind langsame Tonhöenschwankungen vorherrschend (Plattenteller schlägt, un rundes Schallplatten-Mittelloch, Gummiauflage ist verzogen, das Treibrad rutscht durch Verölen). Wird ein schnelles »Wimmern«, ein »Vibriren« festgestellt, kann evtl. die durch den Transport beeinflusste Motoraufhängung die Ursache sein. In jedem Falle wird empfohlen, einen Fachmann zu Rate zu ziehen.

#### Achtung!

Tonhöenschwankungen entstehen auch vielfältig durch unvorsichtiges oder unbeabsichtigtes Anfassen der Laufflächen von Motorantriebsrolle, Treibrad und Plattenteller mit den Fingern. In gegebenen Fällen müssen die Friktionsflächen mit fettlösendem Mittel (z. B. Brennspiritus) unter Benutzung eines sauberen Lappens sorgfältig gereinigt werden.

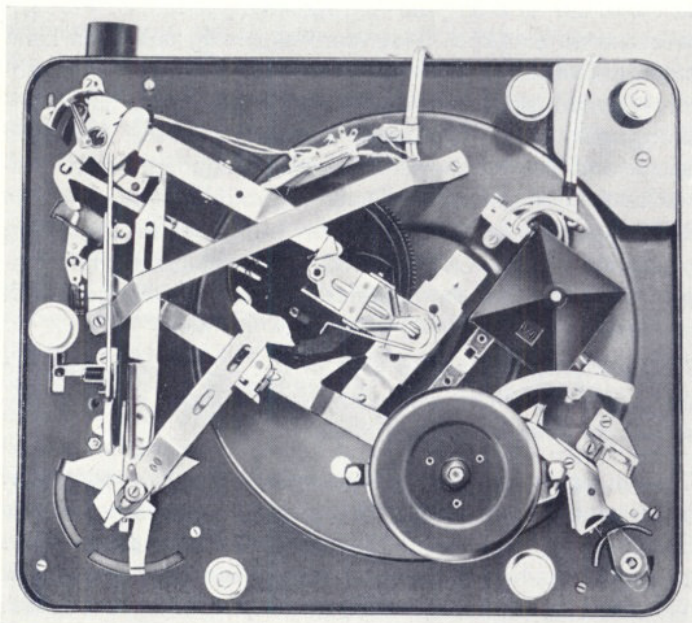


Abb. 48 Unteransicht des HiFi-Plattenspielers Dual 1019 mit Dual-Continuous-Pole-Motor

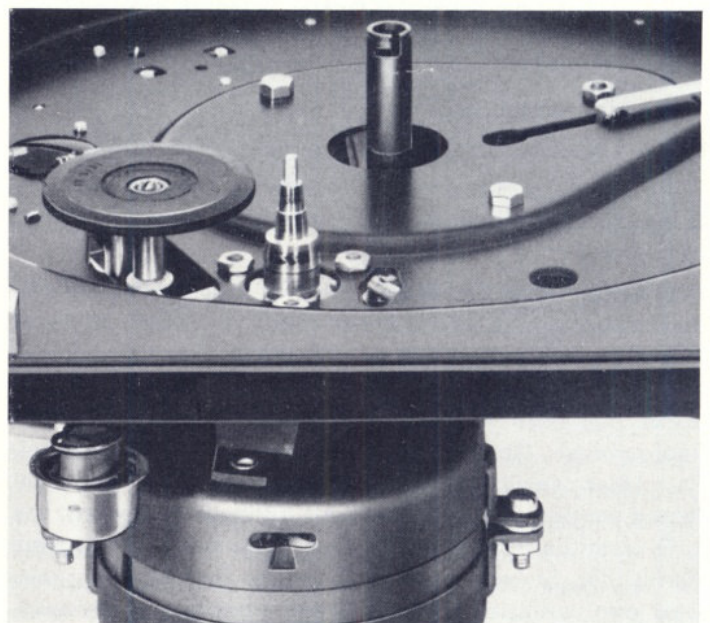
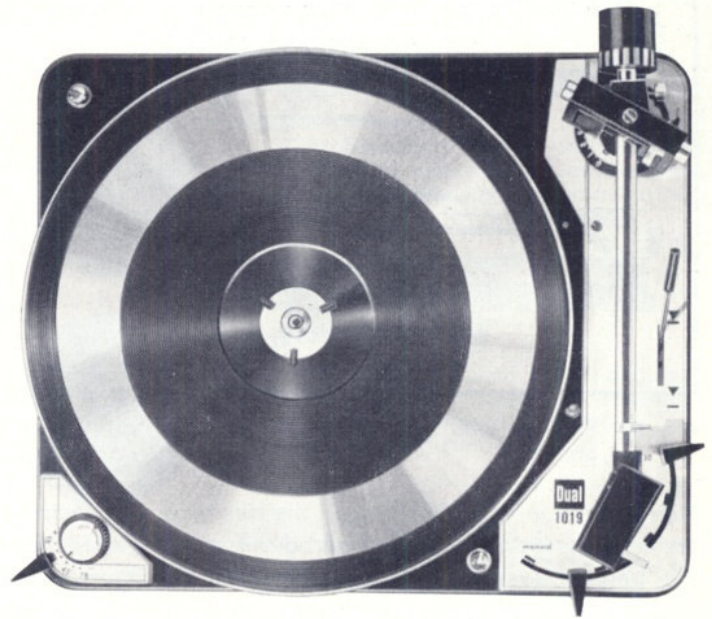


Abb. 49 Treibrad und Antriebsrolle bei Dual-Abspielgeräten

# Dual 1019 - HiFi-Plattenspieler für höchste Ansprüche

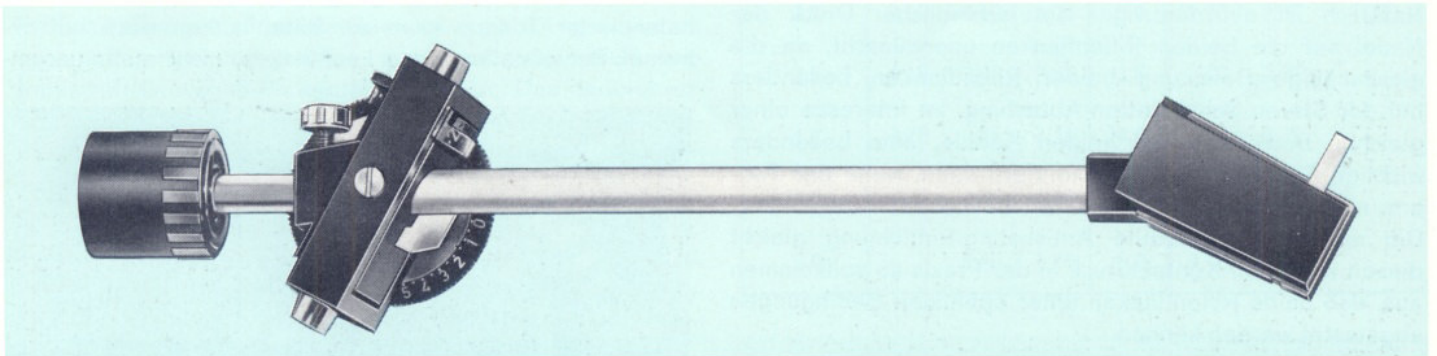
Das Problem — im Interesse einer optimalen Übertragung der Rillenauslenkungen bei weitgehender Plattenschonung — mit noch geringeren Auflagekräften abzutasten, liegt — durch eine ganze Reihe damit verbundener Forderungen — mehr beim Laufwerk und Tonarm, als beim Tonabnehmersystem. Die Nachgiebigkeit der Tonabnehmer kann fast beliebig vergrößert werden. Es sind bereits Systeme mit einer Compliance von  $40 \cdot 10^{-6}$  cm/dyn auf dem Markt. Ein derart weiches System läßt sich also schon mit 0,15 g um  $60 \mu$  auslenken und könnte mit einer ganz geringen Auflagekraft, z. B. 1 p, betrieben werden. Schwieriger ist es jedoch, die Laufwerk- und insbesondere die Tonarmmechanik diesen extremen Werten anzupassen. So dürfen beispielsweise die Reibungskräfte der vertikalen und horizontalen Tonarmlagerungen keinesfalls die Größenordnung der verminderten Tonarmauflagekraft erreichen, da eine einwandfreie Führung der Abtastnadel in der Schallrinne dann nicht mehr stattfinden könnte. Der Tonarm würde beispielsweise bei zu großer Reibung im Horizontallager vom sehr nachgiebigen System nicht zum Plattenmittelpunkt geführt werden können. Die Nadel, mit dem sehr weich eingespannten Nadelträger, springt über den Zwischensteg immer wieder in die alte Rinne zurück. Dann kommt es zu einer zwar originellen, aber doch unerwünschten fortlaufenden Wiederholung des Inhaltes derselben Rinne. Ist die vertikale Reibungskraft des Lagers größer als die Tonarmauflagekraft, könnte der Tonarm bei Stereoplatten den vertikalen Rillenauslenkungen nicht folgen, welches erhebliche Abtast-Verzerrungen verursachen würde.

Aber selbst wenn man geringste Lagerreibungen erreichen könnte, ist der extremen Verringerung der Tonarmauflagekraft eine Grenze gesetzt. Die hohen Beschleunigungskräfte an der Nadelspitze, die besonders bei der Abtastung hoch ausgesteuerter kleiner Wellenlängen auftreten, können der Auflagekraft des Tonarms entgegenwirken und diese — wenn sie sehr gering gewählt wurde — ständig variieren lassen.



den Teller geworfen und der Tonarm bei der Abtastung ein erhebliches Steuerungsgestänge mitziehen mußte. Inzwischen wurden jedoch wertvolle Erfahrungen an einer Vielzahl von Antriebs- und Tonarmsteuerungen gewonnen und bei den ständig verbesserten Dual-Laufwerken mit gutem Erfolg erprobt, so daß heute ein Wechslermechanismus bei der Abtastung nicht mehr störend in Erscheinung tritt.

Die Tonarmsteuerungen — automatisches Einsetzen in die Einlaufrillen sowie das Abheben aus den Auslaufrillen — arbeiten beim 1019 so außergewöhnlich feinfühlig, daß sie noch bei Tonarmauflagekräften von 0,5 p einwandfrei funktionieren. Es ist nicht bei jedem Benutzer zu erwarten, daß er, in mehr oder weniger beengter Umgebung, einen Tonarm mit beispielsweise 1,5 p Auflagekraft von Hand sicher



Dual hat nun in umfangreicher Entwicklungsarbeit das Laufwerk 1019 konstruiert, mit dem es möglich ist, bei geringsten Tonarmauflagekräften eine einwandfreie und betriebssichere Schallrillen-Abtastung durchzuführen. Dieses Gerät stellt eine gelungene Kombination von einem Plattenspieler höchster Präzision und einem Wechsler in Spitzenqualität dar.

Bei vielen Schallplattenbesitzern besteht eine grundsätzliche Abneigung gegen einen Plattenwechsler, die wohl noch aus der Zeit der ersten Wechslerkonstruktionen herührt, bei denen die Platten — unter zum Teil erheblichen Schaltgeräuschen — recht unsanft von der Stapelachse auf

in die Einlaufrillen einsetzt. Dazu gehört schon eine sehr behutsame Hand. Wenn eine präzise und sicher arbeitende Automatik derartige Tonarmsteuerungen übernehmen kann, ist das unbedingt ein gerätetechnischer Fortschritt.

Darüber hinaus besitzt der Dual 1019 einen organisch eingebauten Tonarmlift. Vorgesehen für diejenigen, die bestimmte Passagen einer Platte wiederholen oder aussuchen möchten. Während die Hubbewegung des Tonarmes mit der Geschwindigkeit stattfindet, mit der der Lifthebel von Hand nach vorne gezogen wird, geschieht die Absenkung nach Rückwurf des Lifthebels, unabhängig von außen, über eine eingebaute Viskositätsbremse verzögert, sehr behutsam und genau senkrecht.

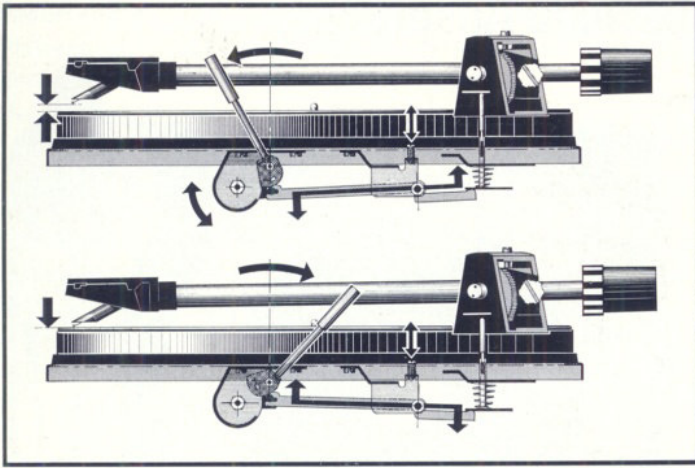


Abb. 50 Schematische Darstellung der Arbeitsweise des Tonarmlifts

Man erkennt in den Abbildungen die besonderen Konstruktionseigenarten des Tonarms und der Tonarmlagerung. Um die bereits besprochenen geringsten Lagerreibungen in den horizontalen und vertikalen Bewegungsrichtungen zu erreichen, werden in einem stabilen Lagerrahmen hochpräzise Kugellagerungen verwendet. Der sorgfältig dimensionierte, resonanzfreie Tonarm kann in allen Bewegungsrichtungen vollständig ausbalanciert werden, so daß er seinen Schwerpunkt im Schnittpunkt der horizontalen und vertikalen Lagerachsen erhält.

Bild 52 läßt unter dem Lagerrahmen des Tonarms einen weiteren Einstellring erkennen. Dies ist ein Teil der sogenannten Antiskating-Einrichtung. Durch die Reibung zwischen Abtastnadel und Schallrinne entsteht ein Moment, das versucht, den Tonarm zum Schallplattenmittelpunkt zu ziehen. Da er jedoch durch seine ausreichend große Auflagekraft in der Schallrinne über dem Abtaststift gehalten wird, entsteht ein zusätzlicher unerwünschter Druck auf die innere Rillenflanke. Der Kontaktdruck zwischen Abtastnadel und Rillenwand an der äußeren Flanke der Schallrinne wird um den gleichen Betrag in unzulässiger Weise geschwächt. Natürlich ist ein derartiger unterschiedlicher Druck der Nadel auf die beiden Rillenflanken unerwünscht, da die gleichmäßige Belastung beider Rillenflanken besonders bei der Stereo-Schallplatten-Abtastung, im Interesse einer gleichen Bewertung der beiden Kanäle, eine besonders wichtige Forderung ist, insbesondere dann, wenn der Tonarm nur mit geringer Auflagekraft betrieben werden kann. Die am 1019 eingebaute Antiskating-Einrichtung gleicht diesen wichtigen Kontaktdruck in der Praxis so vollkommen aus, daß beide Rillenflanken unter optimalen Bedingungen abgetastet werden können.

Wird die Auflagekraft geändert, muß in gleichem Maße auch die Antiskating-Einstellung geändert werden. In der Regel sollte die Ziffernanzeige der Auflagekraft-Einstellung mit der der Antiskating-Einrichtung übereinstimmen. Da jedoch Plattenmasse, Zustand und Größe der Spitzenverrundung der Abtastnadel die Skating-Kraft beeinflussen können, läßt sich eine 100 %ige Kompensation nur einstellen, wenn man diese sich in der Abtastpraxis bildenden Einflüsse versucht, meßtechnisch zu erfassen. Das läßt sich in der einfachsten Weise mit dem von Dual entwickelten Skate-o-meter (Abb. 53) durchführen. Dieses Skate-o-meter wird zu einer kurzen Messung — wie ein Abtastsystem — in den Tonkopf des Tonarmes eingesetzt und mit dieser

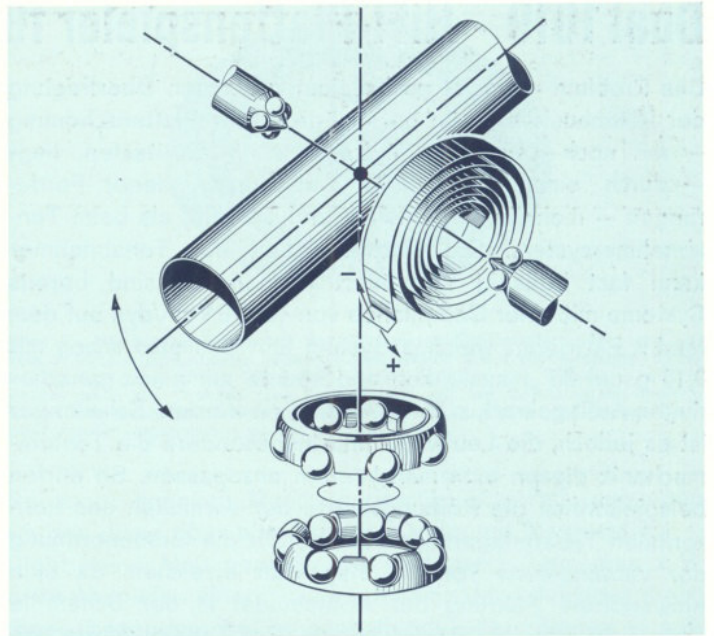


Abb. 51 Schematische Ansicht der Tonarmlagerungen und der Auflagekraftregelung

Anordnung eine beliebige Platte abgetastet. Nun wird der Einstellung der Antiskating-Einrichtung so lange verdreht, bis die mittlere Anzeige des Skate-o-meters während der Abtastung auf Null zeigt. Damit ist die auf den Tonarm wirkende Skating-Kraft für den Wert der eingestellten Auflagekraft vollwertig kompensiert.

Das Ausbalancieren des Tonarms in der vertikalen Bewegungsrichtung hängt vom Gewicht des verwandten Tonabnehmersystems ab. Nach Einbau des Systems in den auswechselbaren Tonarmkopf ist eine Justierung der Tonarmbalance erforderlich. Diese Justierung kann — mit Grob- und Feinverstellung — durch das am Tonarmende befindliche zylindrische Ausgleichsgewicht bequem durchgeführt werden. Bei richtiger Balance-Justierung und Auflagekraft Null müßte der Tonarm trägeheitslos in jeder Stellung innerhalb seines Bewegungsbereiches stehen bleiben. Ein in allen Bewegungsrichtungen vollständig ausbalancierter Tonarm kann die Rillenflanken, auch bei extremer Schiefstellung des Laufwerkes, nicht mehr unsym-

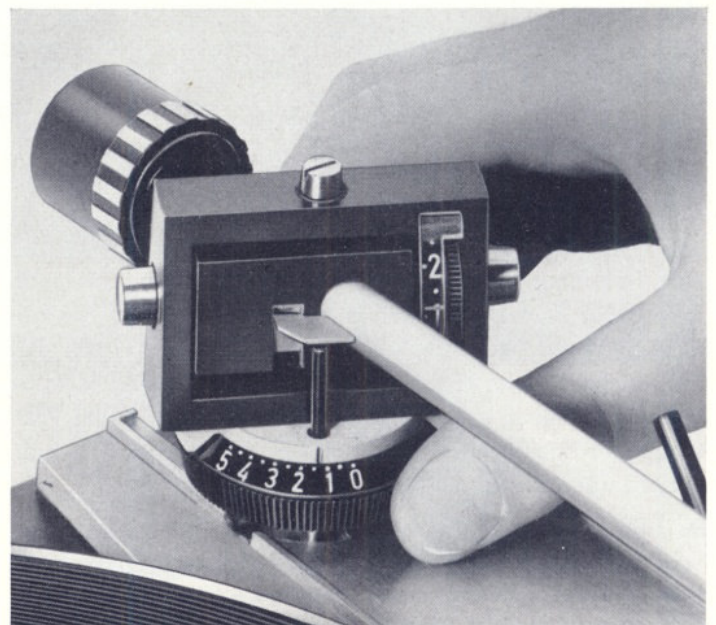


Abb. 52 Tonarmlager mit Antiskating-Einstellring



Abb. 53 Tonarm des Dual 1019 mit eingesetztem Skate-o-meter

metrisch belasten und bietet die Gewähr dafür, daß die Auflagekraft genau senkrecht zur Plattenoberfläche und – in Verbindung mit der Antiskating-Einrichtung – gleichwertig auf beide Rillenflanken wirkt. Erst nachdem, bei eingebautem System, der Tonarm völlig ausbalanciert ist, sollte mit dem in Abb. 52 gezeigten senkrecht stehenden Rändelrad die Auflagekraft des Tonarmes von 0-5 p eingestellt werden. Diese Einstellung der Auflagekraft bzw. deren Anzeige am Einstellrad läßt sich kontinuierlich vornehmen, so daß auch andere Systeme ausbalanciert werden können.

Erstmalig beim Dual 1019 wurde bei einem automatischen HiFi-Plattenspieler ein mitlaufender Plattenstift verwendet und damit eine weitere wichtige HiFi-Forderung erfüllt. Die Mitlaufachse verhindert jede Reibung zwischen Schallplatten-Mittelloch und Plattenstift, welche Rumpeln und akustische Rückkoppelung verursachen kann.



Abb. 54

Um kurzzeitige Tonhöhenchwankungen auf unkritische Größenordnungen zu beschränken, wird ein 3,4 kg schwerer, kugelgelagerter und präzise ausgewuchteter, nicht magnetischer Druckguß-Plattenteller benutzt. Das dadurch erreichte große Schwungmoment des Plattentellers bei bestmöglicher Tolerierung im Lager bietet einen wirksamen Schutz gegen akustisch wahrnehmbare Unregelmäßigkeiten (Tonhöhenchwankungen und Rumpeln) des Antriebs.

Bild 55 zeigt die Geschwindigkeitsschwankungen des 1019. Ausgeprägte periodische Störmodulationen, die auf Exzentrizitäten im Antrieb schließen würden (jaulen), sind nicht zu erkennen. Während die – nicht normgerechte – „lineare“ Messung alle entstehenden Frequenzschwankungen von 0,4 bis 300 Hz beim 1019 mit einer maximalen Abweichung von  $\pm 0,18\%$  anzeigt, berücksichtigt die ge-

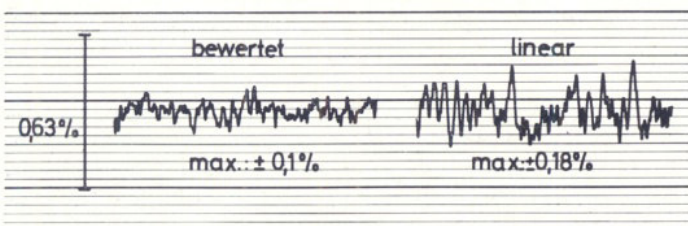
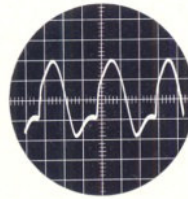
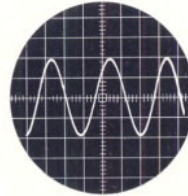


Abb. 55 Geschwindigkeitsschwankungen des Dual 1019

normte „bewertete“ Messung die frequenzabhängige Störwirkung auf das menschliche Ohr. Hier beträgt die Schwankung nur ca. 0,1 %, liegt damit also weit unter der feststellbaren Grenze von 3 ‰.



Die Skating-Kraft verursacht bei der Abtastung einer Stereoringe im rechten Kanal nichtlineare Verzerrungen von ca. 10 %



Mit Antiskating wird die Auflagekraft auf beide Rillenflanken der Stereoringe gleichmäßig verteilt und damit Spurverzerrungen vermieden.

Abb. 56 Die dargestellten Oszillogramme wurden bei der Abtastung einer Stereoringe mit einer Modulation von 1 kHz und einer Schnelle von 14 cm/s mit einem Shure-System M 44 M-C bei einer Auflagekraft von 2,8 p ermittelt.

Auflagekraft p	Anti-Skating-Einstellung für verschiedene Radien der Abtastnadel in $\mu$ m						
	10	12	14	16	18	20	elliptisch
0,5	0,70	0,60	0,55	0,5	0,5	0,45	0,85
1,0	1,25	1,15	1,05	1,0	0,95	0,90	1,50
1,5	1,80	1,60	1,55	1,5	1,45	1,40	2,10
2,0	2,30	2,10	2,05	2,0	1,95	1,90	2,70
2,5	2,90	2,60	2,55	2,5	2,45	2,40	3,40
3,0	3,50	3,10	3,05	3,0	2,90	2,85	4,20
3,5	4,10	3,65	3,55	3,5	3,40	3,35	
4,0	4,75	4,25	4,10	4,0	3,90	3,85	
4,5		4,75	4,60	4,5	4,35	4,30	
5,0		5,35	5,15	5,0	4,85	4,75	

### Über die Bewertung von Rumpelstörungen

Je höher die Empfindlichkeit des Tonabnehmersystems und der Wiedergabeanlage im tiefen Frequenzbereich ist, um so deutlicher und unangenehmer machen sich bei der elektroakustischen Wiedergabe Rumpelstörungen des Laufwerks bemerkbar. Diese Störspannungen entstehen als Folge unzulässiger Relativbewegungen zwischen Laufwerk und Abtastspitze und enthalten ein Geräuschspektrum von 0 ... 800 Hz. Daher ist es eine der wichtigsten Forderungen, Plattenteller und Tonarmlager möglichst starr gegeneinander anzubringen. Störender als die impulsartig auftretenden tiefsten Rumpelgeräusche, die meistens als Folge geringster Bauteileigenschwingungen entstehen, wirken sich

die in der Tonhöhe fast konstanten Vibrationen des Motors oder der von diesem angeregten Bauteile mit der Grund- oder einer Oberwelle der Netzfrequenz aus. Damit sie auch bei hochwertigen Anlagen mit guten Tieftonlautsprechern praktisch unhörbar bleiben, sollte nach NARTB ein Mindest-Störabstand von 35 dB angestrebt werden. Hierbei handelt es sich um eine Messung, die alle Störfrequenzen des Laufwerkes unterhalb 800 Hz als Summen-Meßwert darstellt. Bild 57 zeigt die Meßwerte der Rumpelstörungen des „Dual 1019“-Laufwerkes im Frequenzbereich 25 ... 800 Hz. Diese zwischen 20 und 1000 Hz  $\pm 1$  dB linear bewerteten Rumpelfremdspannungen erfassen auch die elektrischen und magnetischen Beeinflussungen des zur Messung verwandten Abtastsystems und der Zuleitung, die jedoch leichter zu beherrschen sind und daher einen geringeren Störwert aufweisen als die eigentlichen Rumpelstörungen (der Bereich der Störkomponenten wurde mit sehr steilen Terzfiltern ausgesiebt). Diese Fremdspannungsabstände sagen jedoch nichts über den akustischen Störeindruck aus, der (abgesehen von der Qualität der benutzten Wiedergabeanlage) subjektiv sehr unterschiedlich bewertet wird. Durch die in HiFi-Anlagen eingesetzten tief abgestimmten Lautsprecherkombinationen und den sehr tief liegenden Resonanzbereich des Abtasters werden die Rumpelfremdspannungen besonders bei gering ausgesteuerten Schallplatten recht deutlich wiedergegeben. Auch die im nicht mehr wahrnehmbaren tiefen Frequenzbereich liegenden Rumpelstörungen können durchaus noch eine Beeinträchtigung der Wiedergabe hervorrufen. Nur eine sinnvolle Ausführung und Anordnung des Antriebsmotors, die weitgehende Dämpfung der Platinenschwingungen und die sorgfältige Entkoppelung des Tonarmlagers von diesen Schwingungen können Rumpelstörungen klein halten.

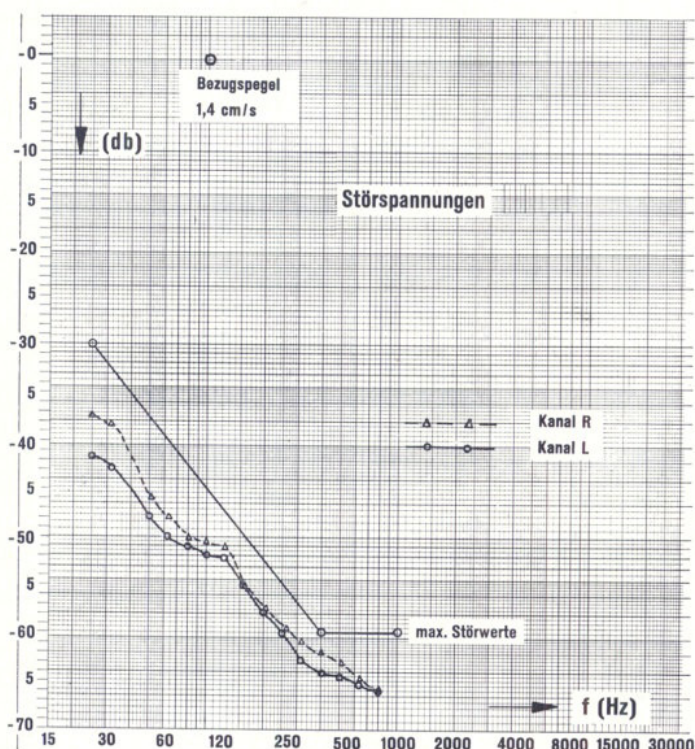


Abb. 57 Frequenzgang der Rumpelstörungen beim Dual 1019

### Montage und Befestigung

Daß bei den Dual-Laufwerken über die eigentliche Aufgabe als Abspielgerät hinaus auch an die Probleme der Montage und des Service gedacht wurde, soll das Beispiel der durchdachten Konstruktion der Laufwerk-Aufhängung und -Befestigung zeigen.

### Transportsicherungsschrauben

Durch eine sinnreiche Konstruktion lassen sich die Transportsicherungsschrauben vielseitig anwenden. Wie die Abb. 58 zeigt, können die Schrauben, z. B. mit einem Geldstück, für drei verschiedene Aufgaben in drei unterschiedliche Stellungen gebracht werden. Für den Geräte-Trans-

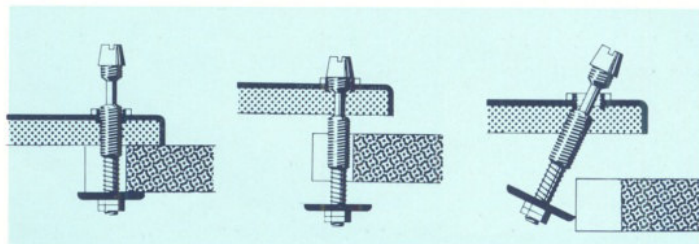


Abb. 58 Laufwerk-Transportsicherungsschrauben

port wird durch Linksdrehung des Gewindebolzens das Laufwerk fest an das Montagebrett gezogen. Die Betriebsstellung zeigt das mittlere Bild. Der Gewindebolzen berührt den Montageboden nicht. Trotzdem kann das Laufwerk nicht nach oben herausgenommen werden (Entnahmesicherung!). Bei der Montage wird der Schraubenbolzen aus dem Gewinde gelöst, so daß er frei beweglich ist und das Laufwerk leicht in das Montagebrett eingesetzt und diesem entnommen werden kann. Dabei sind keinerlei Handgriffe unterhalb des Montagebrettes erforderlich.

### Federaufhängung

Zur Verminderung der Körperschallempfindlichkeit wird ein Laufwerk federnd im Montageboden – oder der Zarge – gehalten. Diese Federn müssen eine genau auf das Laufwerk abgestimmte Nachgiebigkeit aufweisen, damit einerseits das Laufwerk nicht zu hart aufliegt, andererseits nicht zu labil schwimmt. Trotz einer relativ weichen – auf ca. 4 Hz abgestimmten – Aufhängung müssen die sowohl aus vertikaler als auch horizontaler Richtung stoßerregten

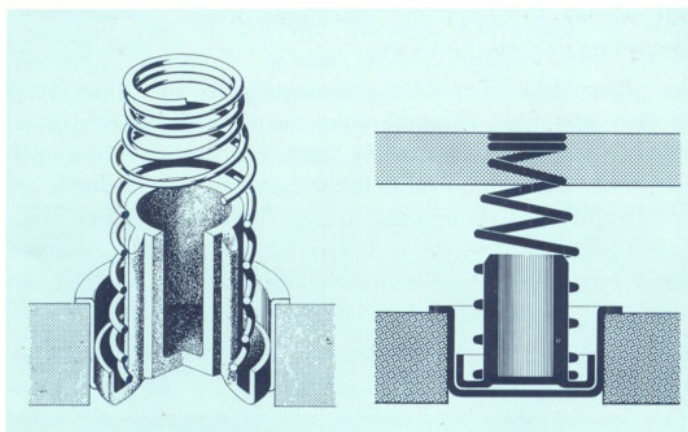


Abb. 59 Elastische Aufhängung des Dual 1019

Schwingungen des Laufwerkes (angeregt durch tiefe Bässe, Trittschall oder direkten Stoß) ausreichend schnell gedämpft werden. Die Abb. 59 zeigt die bewährte Anordnung am Dual 1019. Die Feder ist am Chassis befestigt und ruht, gegen das Montagebrett körperschallisoliert, in einer Gummihalierung, die wiederum an einem Metalltopf – der in eine Bohrung des Montagebodens eingelassen wird – befestigt ist. Chassis und Federaufhängung gehören wirkungsmäßig zusammen. Sie sind optimal aufeinander abgestimmt. Die Verwendung der Federaufhängung für eine andere Laufwerk-Type ergäbe nicht die gewünschte Wirkung.

## Warum und wie sollte man einen HiFi-Plattenspieler testen?

Plattenspieler bzw. -wechsler werden meist in Verbindung mit einer Wiedergabeeinrichtung, z. B. Musiktruhe oder Koffergerät, angeschafft. Dabei wird dem Abspielgerät nicht immer die ihm gebührende Beachtung geschenkt, da es mit seiner mehr oder minder empfindlichen Mechanik gewissermaßen als das notwendige Übel in einer Schallplatten-Wiedergabeeinrichtung betrachtet wird, was manchmal auch nicht ganz unberechtigt ist, da ein schlechtes oder stör anfälliges Abspielgerät weder kostbare Schallplatten noch Nerven schont.

In welchem starkem Maße seine technischen Eigenschaften in die Qualität der elektroakustischen Wiedergabe eingehen, ist den meisten Gerätebesitzern bisher kaum bekannt, da man bei einem Abspielgerät das Tonabnehmersystem hier als das allein verantwortliche Element ansieht. Ein Laufwerk einschließlich Tonarm kann jedoch – wenn es nicht unter Berücksichtigung ganz bestimmter Forderungen konstruiert worden ist – für eine ganze Reihe von Störungen verantwortlich sein, bzw. eine – der Qualität der heutigen Schallplatten entsprechende – optimale Wiedergabe der Aufzeichnung unmöglich machen.

Bei Musikschränken und Phonokoffern, die aus Preisgründen bisher fast ausschließlich mit Standard-Laufwerken bestückt sind, ist das Laufwerk nicht immer ausschlaggebend für die Auswahl und die Schallplatten-Wiedergabe wird den Interessenten – auch schon durch das Bewußtsein, etwas Neues und damit wohl Fortschrittliches gekauft zu haben – im allgemeinen befriedigen. Bei – nach individuellen Wünschen – selbst zusammengestellten Schallplatten-Wiedergabeeinrichtungen, z. B. einer Kombination aus Phono-Componenten, wird man der Auswahl eines geeigneten Plattenspielers sicher mehr Beachtung schenken.

### Wonach kann man sich bei der Auswahl nun richten und welches sind die entscheidendsten Kennzeichen eines guten Abspielgerätes?\*

Die Abtasteigenschaften eines Tonabnehmersystems sind grundsätzlich für den Frequenzgang, Verzerrungen und Störspannungsabstand von ausschlaggebender Bedeutung. Doch kann ein gutes System seine Leistungen nur in Verbindung mit einem guten Tonarm unter Beweis stellen. Erst wenn die Abtasteigenschaften des Systems, insbesondere vom Tonarm, nicht mehr beeinflusst werden, das heißt, wenn derselbe sich so verhält, als wäre er überhaupt nicht da, kann man das Ergebnis der Schallrillen-Abtastung allein auf den Abtaster zurückführen. Nun werden aber auch die Tonarmeigenschaften vom Tonabnehmersystem beeinflusst (z. B. von dessen Gewicht und Rückstellkraft). Es besteht also eine Wechselwirkung zwischen beiden Bauteilen und ein Tonarm ist um so besser, je unabhängiger seine Eigenschaften vom eingebauten System sind.

Bei der Vielzahl der heute auf dem Phono-Markt angebotenen Plattenabspielgeräten besteht für den Laien – abgesehen von äußeren Gesichtspunkten der Formgebung und der allgemein bekannten Betriebsfunktionen – kaum eine Möglichkeit, die technischen Angaben der Hersteller bezüglich der Tonarm- und Laufwerkqualität bei einem Kauf zu kontrollieren bzw. die Einhaltung der wertbestimmenden Faktoren nach einer längeren Betriebszeit festzustellen, wenn ihm die Probleme einer vollwertigen Schallrillen-

Abtastung völlig unbekannt sind. Es besteht allerdings kaum eine Möglichkeit, eine technisch hochentwickelte Apparatur, wie sie ein modernes HiFi-Abspielgerät darstellt, mit volkstümlich verständlichen sowie allgemein anerkannten Wertfaktoren auszuzeichnen. Ein PS ist z. Z. eben noch populärer als ein dB, obwohl die Definition einer Pferdestärke als Leistungsangabe in der Automobilindustrie nicht weniger kompliziert ist als die eines Dezibels in der Phontechnik.

Es gibt jedoch einige bewährte Testmethoden, bei denen man – ohne komplizierte Meßgeräte zu benötigen – mit ein bißchen Überlegung und natürlich auch technischem Gefühl durchaus ein Schallplatten-Abspielgerät auf seine technischen Fähigkeiten hin testen kann. Bei dieser Untersuchung sollen nicht die Funktionen, wie z. B. der Start-, Stopp- oder Wechsellvorgang, sondern das Verhalten des Abspielgerätes während der Schallrillen-Abtastung getestet werden. Schallplatte und Tonabnehmer werden in den Test einbezogen und damit eine wichtige Voraussetzung für eine – dem praktischen Betrieb angepaßte – brauchbare Testaussage erfüllt.\*\*

### Nennndrehzahl

Die Prüfung auf Einhaltung der Nennndrehzahl wird mit der Stroboskopscheibe vorgenommen (siehe Seite 24). Nach DIN 45 500 (Anforderungen an Geräte der Heimstudio-Technik HiFi) ist für HiFi-Plattenspieler eine Abweichung von der Nennndrehzahl um + 1,5 % und – 1,0 % zulässig. Höhere Abweichungen ergeben auffallende Tonhöhenänderungen. Auftretende kurzzeitige Drehzahländerungen lassen sich als Tonhöhenschwankungen über die Lautsprecheranlage (siehe Seite 27) akustisch feststellen.

Tonhöhenschwankungen gehören zu den unangenehmsten Störungen bei der Schallplattenwiedergabe. Sie sollten daher durch Auswahl eines Präzisionserzeugnisses von vornherein verhütet werden. Ein Laufwerk mit schlechten Gleichlaufeigenschaften kann auch von einem Fachmann nicht verbessert werden, denn ausschlaggebend ist hier ausschließlich die Konstruktion und Sorgfalt der Herstellung. Das gilt im besonderen Maße auch für die

### Rumpelstörungen des Laufwerkes

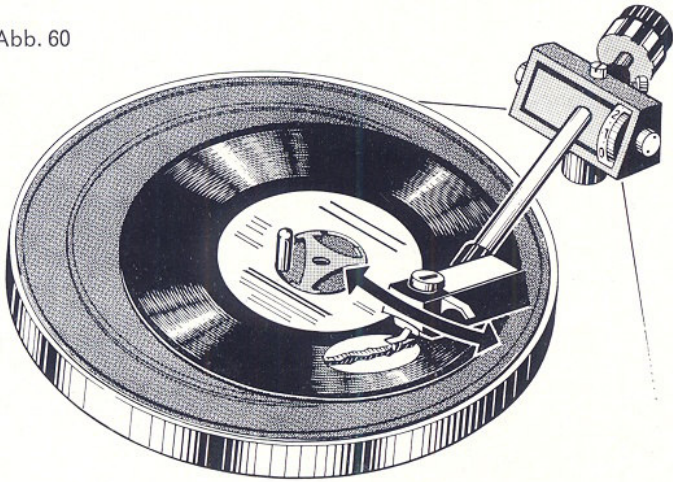
Je hochwertiger die Lautsprecheranlage ist, desto deutlicher wird die Notwendigkeit der Verwendung eines rumplarmen Laufwerkes erkannt. Die Größenordnung der tieffrequenten Rumpelgeräusche läßt sich am zweckmäßigsten – unter Zuhilfenahme einer Leerrillenplatte – ebenfalls nur über die in Betrieb genommene, normal eingestellte Lautsprecheranlage abschätzen. Wichtig ist bei dieser Prüfung, daß das später zu verwendende Tonabnehmersystem mit der empfohlenen Auflagekraft benutzt wird und keine Brummstörungen (schlechte Abschirmungen, falsche Erdleitungen) die akustische Kontrolle beeinträchtigen.

\* Technische Probleme des HiFi-Plattenspielers  
Funktechnik, Heft 15, Jahrgang 63, Seiten 531–533, Heft 16, Seiten 564–566  
\*\* „Wie sollte man einen HiFi-Plattenspieler testen?“  
Funkschau, Heft 17, Jahrgang 63, Seiten 485–487

### Exzentric-Test (in den USA bekannt unter Mc.Proud-Test).

Hier wird eine 17-cm-Platte mit großem Mittelloch so auf den Plattenteller gelegt, daß der Lochrand – wie die Abb. 60 zeigt – an dem Plattenteller-Mittelstift anliegt. Bei einer Rotation bei 45 U/min. werden die Schallrillen stark exzen-

Abb. 60



trisch umlaufen. Der in eine Schallrinne abgesetzte Tonarm wird nun mit erheblichen horizontalen Auslenkungen hin- und herbewegt. Ist es eine schwere Ausführung (also mit großer Trägheitsmasse), wird er einem plötzlichen Richtungswechsel nicht folgen können, sondern in Richtung der – aus der exzentrischen Schallrinne übermittelten – Beschleunigung aus der Rinne geschleudert. Bei geringer Masse und geringsten horizontalen Lagerreibungen des Tonarms wird er die Spurführung beibehalten. Das läßt sich – wenn man gleichzeitig den Wiedergabeverstärker anschließt – akustisch kontrollieren. Tonarmträgheit und Lagerreibung in vertikaler Bewegungsrichtung des Tonarms lassen sich durch den sogenannten

### Zigaretten-Test erkennen.

Unter eine 30-cm-Schallplatte wird – bei etwa dem halben Durchmesser – eine Zigarette gelegt und mit dem Plattenteller in Drehung versetzt (s. Abb. 61). Die Schallplatte wird

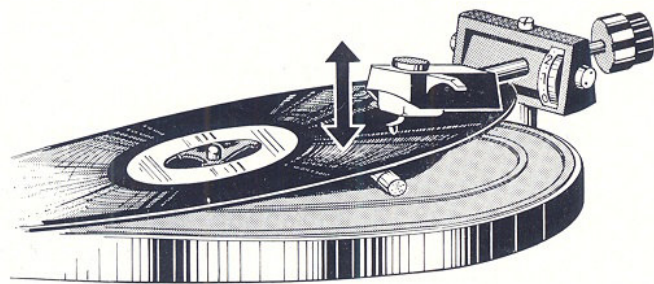


Abb. 61

nun stark taumeln und den – mit dem betriebsmäßigen Auflagegewicht – aufgesetzten Tonarm in vertikaler Richtung unter starker Beschleunigung auf- und abbewegen. Ist nun bei geringer Auflagekraft die Trägheitsmasse bzw. die Lagerreibung des Tonarms in vertikaler Richtung zu groß, wird er bei einer Abwärtsbewegung oder nach dem Ende der Aufwärtsbewegung den Kontakt mit der Schallrinne verlieren, da der Tonarm diesen Bewegungen nicht trägheitslos genug folgen kann. Für eine weitgehend stabile Spurführung sowohl in horizontaler als auch in verti-

kaler Bewegungsrichtung sind also Tonarme mit sehr geringen Trägheitsmassen und geringsten Lagerreibungen erforderlich.

Natürlich stellt der Exzentric- und Zigaretten-Test für den Tonarm eine stark übertriebene Belastung dar, sie sind jedoch in Sekunden ohne Hilfsmittel durchführbar und gestatten einen sofortigen Vergleich zwischen zwei Laufwerktypen. Ein Gerät – wie z. B. das Dual-Laufwerk 1019 –, das diese Tests anstandslos übersteht, ist in der Lage, alle praktisch vorkommenden Beanspruchungen in der Praxis zu meistern, ohne dabei seine optimalen Antriebs- und Abtasteigenschaften zu verlieren.

Wenn der Schwerpunkt des Tonarms (einschließlich Abtastsystem) im Schnittpunkt der beiden Lagerachsen liegt, ist der Tonarm in jeder Lage statisch ausbalanciert. Er wird also auch bei extremer Schiefstellung des Laufwerkes – über den Abtaststift in der Schallrinne – die Rillenflanken durch unterschiedlichen Auflagedruck nicht unsymmetrisch belasten. Es ist deshalb auch nicht erforderlich, die waagrechte Lage des Laufwerk-Chassis genau auszurichten. Man könnte also praktisch mit senkrecht oder auch auf den Kopf gestelltem Laufwerk eine Schallplatte einwandfrei abtasten.

Will man feststellen, ob die Tonarmlage nach Einstellung der Auflagekraft noch erhalten geblieben ist, braucht man nur das Laufwerk zu kippen. Der Tonarm darf dann nicht aus der Rinne rutschen. Wird die Auflagekraft durch eine Gewichtsungleichheit erzeugt, werden bei geringer Laufwerkschrägstellung die Rillenflanken zunächst unsymmetrisch belastet, bei Vergrößerung des Kippwinkels rutscht der Tonarm von der Platte ab. Der gleichmäßige Auflagedruck auf die beiden Rillenflanken ist jedoch besonders bei der Stereo-Rillenabtastung eine unerläßliche Forderung.

Der vom Tonarm bei einem bestimmten Durchmesser der Schallplatte zu betätigende Abschaltmechanismus darf keinen größeren Kraftaufwand erfordern, als es die sehr geringen Tonarmauflagekräfte zulassen. Das ist für einen mechanischen Schaltvorgang eine außerordentlich hohe Anforderung, weshalb auch sehr viele HiFi-Laufwerke diese automatische Abschaltmöglichkeit nicht aufweisen bzw. sie mit der Bedingung einer erhöhten Auflagekraft verbinden. Beim Dual-1019-Laufwerk wird dieser Vorgang durch eine sinnreiche Anordnung derartig feinfühlig vorgenommen, daß auch bei einer Tonarmauflagekraft von nur 0,5 p der Abschalt- oder Wechsellvorgang bereits sicher durchgeführt wird.

Dieses läßt sich – außer dem betriebsmäßigen Vorgang durch die Auslaufrille der Schallplatte – folgendermaßen nachweisen. Durch eine Balanceänderung des Tonarms wird er in seiner Stellung so justiert, daß der Tonkopf frei über der Platte stehen bleibt, also sich nicht zum Plattenteller absenkt. Wird er nun, bei rotierendem Plattenteller, durch vorsichtiges Anblasen zur Tellermitte „gepuset“, schaltet er, auch bei dieser sanften Luftführung, das Laufwerk betriebssicher ab. Ein derart feinfühliges Abschaltmechanismus, der ja auch die automatische Tonarmsteuerung einleitet, ist erforderlich, wenn die Wiedergabe der letzten Tonrillen verzerrungsfrei erfolgen soll, da es nicht immer gelingt, den mechanischen Fühlhebel, erst nachdem der Abtaststift aus der letzten Tonrinne in die Auslaufrille übergegangen ist, in Eingriff zu bringen.

# Die Stereo-Anlage

Grundsätzliche Voraussetzung für eine ideale stereophone Wiedergabe sind zwei elektrisch und besonders auch akustisch völlig gleichwertige Übertragungswege (Kanäle). Sie beginnen an den beiden Rillenflanken in der gemeinsamen Schallrinne der Stereoplatte. Diese beiden voneinander getrennten Modulationen werden dann von dem Tonabnehmersystem abgetastet, den beiden Verstärkerkanälen zugeführt und danach – von pro Kanal mindestens einem Lautsprecher – abgestrahlt.

Diese drei Baugruppen lassen sich am einfachsten in einer Musiktruhe zusammenfassen. Die gesamte Stereoanlage ist somit komplett und recht preiswert erhältlich.

Es werden jedoch in zunehmendem Maße Musikübertragungsanlagen aus einzelnen hochwertigen Bausteinen zusammengestellt (s. Seite 48). Hier gibt es elektrisch und architektonisch die verschiedensten Kombinationsmöglichkeiten. Die Qualität der elektroakustischen Wiedergabe ist dann jedoch nicht nur abhängig von der technischen Perfektion des Übertragungsgliedes, sondern auch von der Anpassung – oder überhaupt den Anpassungsmöglichkeiten – aneinander.

## Verstärker

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Spannungs- und Leistungsverstärkern. Sie sind – auf Grund ihrer Verwendung – als Vorverstärker und Endstufe gekennzeichnet. Der Vorverstärker besitzt je nach Aufwand die verschiedensten Eingänge für die Tonfrequenzquellen (Mikrofon, Plattenspieler, Radio usw.) und dient hauptsächlich als Verstärker für die von den Quellen gelieferten geringen Spannungen. In diesem Verstärker wird oft auch die Lautstärke und Klangfarbe geregelt. Da er bei Schallplattenübertragungen die Entzerrung der Tonabnehmereigenschaften vornimmt, bezeichnet man ihn auch als Entzerrer-Vorverstärker.

Die Endstufe – auch Leistungsstufe genannt – dient zur Erzeugung der für eine Schallabstrahlung notwendigen NF-Leistung. Qualitätsentscheidende Merkmale sind seine Ausgangsleistung, Frequenzgang, Klirrfaktor und Störspannungsabstand. Diese beiden Verstärker können sowohl räumlich getrennt als auch in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht werden – wie z. B. bei den Dual HiFi-Verstärkern CV 3 und CV 4. In einem Stereoverstärker sind zwei völlig gleichwertige Verstärkerkanäle vorhanden, die nur durch eine gemeinsame Stromversorgung und den Balanceregler elektrisch miteinander verbunden sind.

Bei Verwendung eines Stereo-Verstärkers sind dessen zwei Kanäle also gleichwertig. Schwieriger ist die Erzielung der Gleichwertigkeit in Frequenzgang und Lautstärke beider Kanäle bei Verwendung von zwei einzelnen, verschiedenen Verstärkern.

Gleichgültig aber, ob ein Stereo-Verstärker oder zwei einzelne Verstärker Verwendung finden, ist darauf zu achten, daß die Verkabelung zwischen Plattenspieler und Verstärker für beide Kanäle gleichwertig erfolgt. Die Anschlußkabel sollen gleich lang und in ihren elektrischen Eigenschaften (wie z. B. Kabelkapazität usw.) identisch sein.

## Der Anschluß von Tonabnehmersystemen an NF-Verstärker

Werden für eine Schallplattenübertragungsanlage Geräte herangezogen, die entwicklungsmäßig nicht ohne weiteres zusammengehören, entstehen – bei Aufrechterhaltung des HiFi-Gedankens – gewisse Probleme.

Der Anschluß von Tonabnehmersystemen an das Wiedergabegerät erfordert eine genaue Kenntnis der Eigenschaften des Systems sowie des NF-Wiedergabegerätes. Die Anpassung an den Verstärker-Eingangswiderstand und die Entzerrung des Frequenzverlaufes des Übertragungsweges entscheiden in hohem Maße die Übertragungsgüte und Wiedergabequalität.

## Anschluß von Kristalltonabnehmern

Je höher der Wechselstrom-Innenwiderstand  $Z_i$  des Systems, desto empfindlicher reagiert es auf die Belastung und die Leitungskapazitäten. Solange der fast rein kapazitive Innenwiderstand des Kristallsystems klein ist gegen den äußeren Belastungswiderstand  $R_e$ , ist die Frequenzgangsbeeinflussung unbedeutend (Abb. 62). Die Wiedergabegüte einer Schallplattenübertragung wird jetzt im wesentlichen von dem Frequenzgang des unbelastet bzw. schwach belasteten, nicht entzerrten Abtastsystems bestimmt. Die Spannung eines Tonabnehmer-Kristallsystems ist proportional den abgetasteten Amplituden auf der Schallplatte. Den Amplitudenverlauf auf der Schallplatte bei einer Aufzeichnung der 3180, 318 und 50  $\mu$ s Schneidkennlinie zeigt Abb. 63. Ein gutes Kristallsystem würde also die Schneidkennlinie annähernd ausgleichen und einen ausreichend geraden Frequenzgang erzielen (Abb. 39).

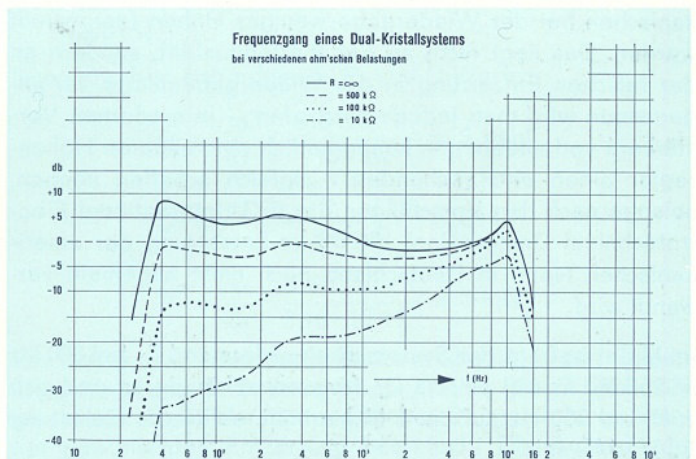


Abb. 62

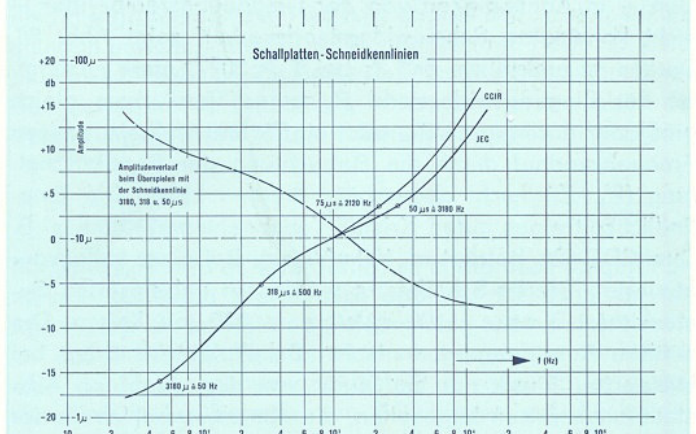


Abb. 63

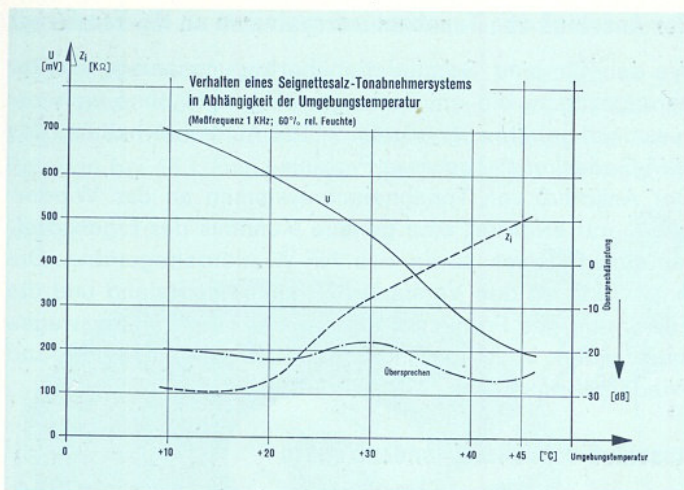


Abb. 64 Einfluß der Umgebungstemperatur auf Spannungsabgabe, Übersprechen und Innenwiderstand bei einem Kristalltonabnehmer

Es gab eine Zeit, da jede Schallplattenfirma ihre Platten nach einer eigenen Schneidkennlinie schnitt, so daß bei der Wiedergabe für die verschiedenen Schallplattenmarken theoretisch ebenso viele Korrekturmöglichkeiten vorhanden sein mußten. Im Jahre 1956 ist eine Regelung auf internationaler Basis zustande gekommen. Genormt sind heute lediglich zwei Schneidkennlinien, die in Amerika verwandte nach RIAA (Record Industries Association of America) 3180, 318 und 75  $\mu$ s und die in Europa bisher allgemein eingeführte Kennlinie 3180, 318 und 50  $\mu$ s nach CCIR (Control Comitee of International Regulations). Obwohl sich diese beiden Schneidkennlinien nicht wesentlich voneinander unterscheiden, kommt es doch häufig vor, daß bei den europäischen Schallplatten im Vergleich zu den amerikanischen bei der Wiedergabe weniger Höhen festgestellt werden. Das liegt nicht an der Plattenqualität, sondern an der falschen Entzerrung in der Wiedergabeanlage. Im allgemeinen wird man jedoch durch den – in modernen Verstärkern vorhandenen – kontinuierlich einstellbaren Höhenregler einen entsprechenden Ausgleich schaffen können, solange nach den Vorschlägen der IEC (International Electrotechnical Commission) die 75- $\mu$ s-Entzerrung der amerikanischen Norm in Deutschland noch nicht allgemein verwandt wird.

Im Mittel beträgt der Systemscheinwiderstand  $Z_i$  bei 800 Hz = 250 k $\Omega$   $\cong$  800 pF. Da  $Z_i$  frequenzabhängig ist und sich z. B. bei 200 Hz auf ca. 1 M $\Omega$  erhöht, sollte die Belastung  $R_e \geq 1$  M $\Omega$  sein.

Den – in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur – nicht konstanten Scheinwiderstandsverlauf zeigt Abb. 68. Daraus ist ersichtlich, daß  $Z_i$  bei  $T > 20^\circ$  C stark ansteigt. Ist der Eingangswiderstand  $R_e$  eines Verstärkers gleich groß oder geringer als  $Z_i$ , setzt ein Tiefenabfall ein, dessen Frequenzverlauf durch die Betrachtung der Parallelschaltung ( $R_e || Z_i$ ) leicht abgeschätzt werden kann. Die Empfindlichkeit eines guten Kristall-Tonabnehmersystems, z. B. Dual CDS 420, beträgt rd. 100 mVs/cm. Bei einer vollausgesteuerten Stereo-Schallplatte würde ein unbelastetes System max. 8 cm/s  $\cdot$  100 mVs/cm = 800 mV liefern. Die mittlere Aussteuerung deutscher Schallplatten beträgt bei klassischer Musik nur ca. 30 %; von den einzelnen Aussteuerungsspitzen abgesehen, die nur unwesentlich an der Lautstärke beteiligt sind. Hiermit verringert sich die zur Verfügung stehende Tonfrequenzspannung im Mittel auf

0,3  $\cdot$  800 mV = 240 mV. Für diese Eingangsempfindlichkeit müßte der NF-Wiedergabeteil mindestens bemessen werden. Liegt eine höhere Empfindlichkeit vor, so wird empfohlen, eine Eingangsentzerrung vorzusehen, die den Frequenzverlauf des Systems für den gesamten Tonfrequenzbereich so linearisiert und bedämpft, daß keine Bevorzugung einzelner Frequenzbereiche (Resonanzüberhöhungen) auftritt.

Das unbedingt als geschirmte Leitung erforderliche Verbindungskabel vom System zum Verstärker sollte die Länge 1,5 m nicht überschreiten.

Sogenannte »Verlängerungen« aus handelsüblichen geschirmten Leitungen sind hier ungeeignet, da eine unzulässig hohe Kabelkapazität eine Verringerung der Empfindlichkeit hervorruft, wie z. B. bei einer Kabelkapazität von 100 pF/m und einer Leitungslänge von 3 m bei 10 kHz das System bereits mit ca. 53 k $\Omega$  belastet und einen Empfindlichkeitsabfall von 3–4 dB bewirkt.

Wegen der Gefahr erhöhten Übersprechens ist es erforderlich, die Leitungen der beiden Systemkanäle getrennt abzuschirmen. Wobei man darauf achten sollte, daß die Abschirmungen nur an einem Ende des Kabels miteinander verbunden sein dürfen.

Der heute am meisten verwandte Tonabnehmerkristall ist das Seignettesalz. Er verliert seine piezoelektrischen Eigenschaften bei ca. 52 $^\circ$  C. Abb. 64 zeigt die Abhängigkeit der elektrischen Größen eines Seignettesalz-Tonabnehmersystems von der Umgebungstemperatur. Diese Eigenschaften der Kristallsysteme zeigen deutlich ihren Nachteil gegenüber einem elektromagnetischen System, wo Temperatureinflüsse kaum auftreten.

So verringert z. B. der Temperaturanstieg von 20 $^\circ$  auf 30 $^\circ$  C die Empfindlichkeit eines Kristallsystems bei 1 kHz um ca. 25 %.

Der Isolationswiderstand zwischen den beiden Kristallbelegen beträgt über 100 M $\Omega$ . Auch deshalb ist ein unbehandeltes Kristallsystem gegen Feuchtigkeit außerordentlich empfindlich. Ist ein Seignettesalz-Tonabnehmerelement gegen Luftfeuchtigkeit ungeschützt, bricht dieser Isolationswiderstand sehr rasch zusammen, da das Element durch die Feuchtigkeit praktisch kurzgeschlossen und damit unbrauchbar wird. Das kann bei sehr hoher Feuchte so weit gehen, daß sich das Element vollkommen zersetzt. Eine Abnutzung infolge häufiger Benutzung tritt bei den Kristallelementen jedoch nicht auf.

Dual hat für seine Kristallsysteme gegen die oben beschriebenen Einflüsse durch eine – sehr aufwendige – Spezialpräparation einen wirksamen Schutz gefunden, so daß es beispielsweise durch keine praktisch vorkommende Luftfeuchtigkeit möglich ist, den Isolationswiderstand von Dual-Kristallsystemen entscheidend zu verringern.

### Anschluß von magnetischen und dynamischen Abtastern

Diese Abtaster entsprechen den höchsten Qualitätsanforderungen. Sie sind elektrisch wesentlich unempfindlicher und können im Gegensatz zu den Kristallsystemen eine normale Rundfunkgeräte-NF-Endstufe nicht aussteuern und werden deshalb in vielen Fällen mit einem speziellen Entzerrer-Vorverstärker geliefert (Dual TVV 43 bzw. TVV 46). Der Innenwiderstand eines magnetischen bzw. dynamischen Tonabnehmersystems setzt sich aus einem mit der Frequenz ansteigenden induktiven und einem konstanten ohmschen

Widerstand zusammen. Der komplexe Widerstand beträgt bei einem Magnetsystem bei  $10^3$  Hz ca. 1,5–5 k $\Omega$ . Bei einem dynamischen System beträgt er aus konstruktionsbedingten Gründen nur 1,5  $\Omega$ .

Dynamische Stereosysteme stellen unter den Tonabnehmern das „Nonplusultra“ dar. Sie werden in der Regel nur in Verbindung mit hochwertigen Plattenspielern verwendet.

### Dimensionierung von Schneidkennlinien-Entzerrungen

Der Verlauf der Schallplatten-Schneidkennlinien und der reziproke Verlauf der Tonabnehmer-Entzerrung wird durch die Angabe von drei Zeitkonstanten in Mikrosekunden gekennzeichnet (s. Abb. 65). Unter einem Entzerrer versteht man im allgemeinen ein RC-Netzwerk (evtl. auch mit Induktivitäten), welches einen bestimmten Teil des übertragenen Frequenzbereiches in der Amplitude beeinflusst, also entweder schwächt oder anhebt. Dadurch sollen beispielsweise in einem Entzerrer-Vorverstärker die beim Schallplattenschnitt vorgenommenen linearen Entzerrungen aufgehoben werden, damit am Ausgang des Entzerrers ein geradliniger Frequenzgang vorliegt.

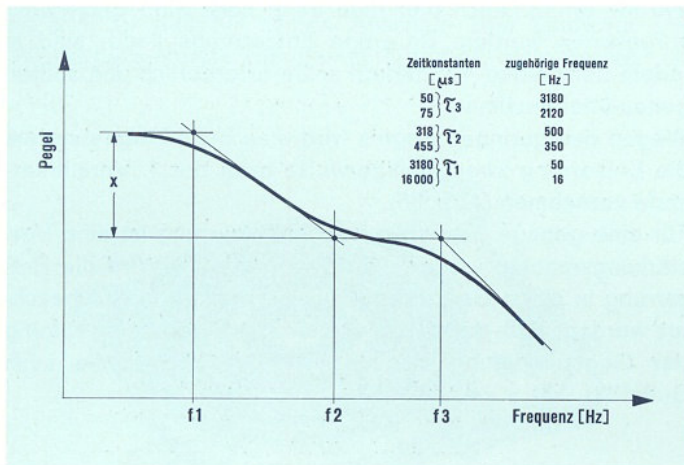


Abb. 65 Verstärker-Frequenzgang zur Entzerrung der Schallplatten-Schneidkennlinie

Obwohl sich im Prinzip die in den verschiedenen Ländern eingeführten Kennlinien nicht wesentlich voneinander unterscheiden, können beim Zusammenwirken voneinander abweichenden Kennlinien (also unterschiedliche Schallplatten-Schneidkennlinie und Entzerrung am Verstärker) Klangverfälschungen auftreten.

Will man eine bestimmte Schneidkennlinie (oder die reziproke Entzerrung zur Linearisierung der Schneidkennlinie) durch RC-Glieder wieder nachbilden, so können diese Glieder rechnerisch aus folgenden Beziehungen ermittelt werden: Im Knickpunkt ist  $R = 1/\omega C$  und mit  $\omega = 2\pi f$  die zugehörige

Frequenz  $f = \frac{1}{2\pi RC}$  gegeben. Mit  $\tau = RC$  zeigt sich der

Zusammenhang zwischen der Zeitkonstanten und der Über-

gangsfrequenz  $f = \frac{1}{2\pi\tau}$   $f$  in [Hz];  $\tau$  in [s].

Berechnungsbeispiel für eine Schneidkennlinien-Entzerrung nach 3180, 318 und 75  $\mu$ s.

Beide Abtaster ergeben der Auslenkgeschwindigkeit (Schnelle) proportionale Spannungen. Da die Schallplatten über den gesamten Tonfrequenzbereich nicht mit konstanter Schnelle geschnitten werden, können diese Abtastspannungen auch nicht auf einen Verstärker mit geradem Frequenzgang gegeben werden. Hier ist eine Schneidkennlinienentzerrung unbedingt erforderlich.

Zunächst wird  $R_1$  und  $R_2$  bestimmt. Sie ergeben sich unter Berücksichtigung der Anpassung der RC-Glieder in die gewählte Verstärkerschaltung. Für das nachfolgende Berechnungsbeispiel soll das RC-Glied an eine Anodenfolgestufe (Abb. 66) angeschlossen werden, also muß eine (von  $R_a$  abhängige) hochohmige Ausführung gewählt werden.

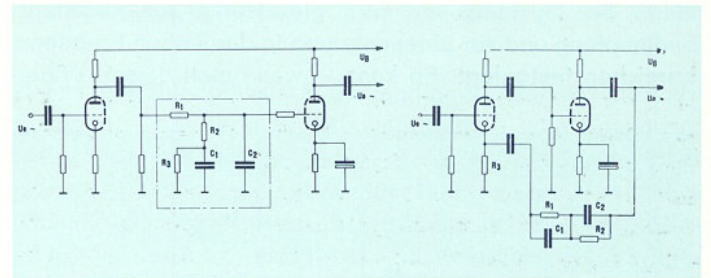


Abb. 66 RC-Glieder zur Entzerrung der Schneidkennlinie in Röhrenschaltungen

Bei einer Überhöhung von  $x = 20$  dB  $\hat{=}$  10fach wird bei  $R_2 = 100$  k $\Omega$

$$R_1 = R_2 \cdot (x-1) = 100 \text{ k}\Omega (10-1) = 900 \text{ k}\Omega$$

Dann ergeben sich folgende R- und C-Werte:

$$C_1 = \frac{\tau_2}{R_2} = \frac{318 \cdot 10^{-6} \text{ s}}{100 \text{ k}\Omega} = 3,18 \text{ nF}$$

$$C_2 = \frac{\tau_3}{R_1} = \frac{75 \cdot 10^{-6} \text{ s}}{900 \text{ k}\Omega} = 84 \text{ pF}$$

$$R_3 = \frac{\tau_1}{C_1} = \frac{3180 \cdot 10^{-6} \text{ s}}{3,18 \cdot 10^{-9} \text{ F}} = 1 \text{ M}\Omega$$

Werden die frequenzbestimmenden Glieder in den Gegenkoppelungsweg, z. B. einer Doppeltriode, gelegt (Abb. 63), wird dadurch die Verstärkung dieser Doppelstufe im Sinne der gewünschten Entzerrung beeinflusst. Die Auswahl der Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  bestimmen die Grunddämpfung, also die größtmögliche Tiefenanhebung. Die zu den Widerständen parallelgeschalteten Kondensatoren bewirken dann eine frequenzabhängige Gegenkopplungsspannung im Sinne der gewünschten Entzerrung. Dadurch werden aber die Verzerrungen dieser Stufe ebenfalls frequenzabhängig.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_2 \cdot C_2} \quad f_2 = \frac{1}{2\pi R_1 \cdot C_2} \quad f_3 = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_1}$$

In der Praxis wird es erforderlich sein, die nach obigen Formeln errechneten Werte nach erfolgter Messung am fertigen Gerät zu korrigieren (Abstimmung auf handelsübliche C- und R-Werte). Soll in einem vorliegenden Verstärker eine der Zeitkonstanten umgestellt werden, so ist vorher der Einfluß des betreffenden RC-Gliedes auf die beiden anderen Zeitkonstanten zu überprüfen, da in der Regel eine doppelte Ausnutzung der Bauteile vorgenommen wird.

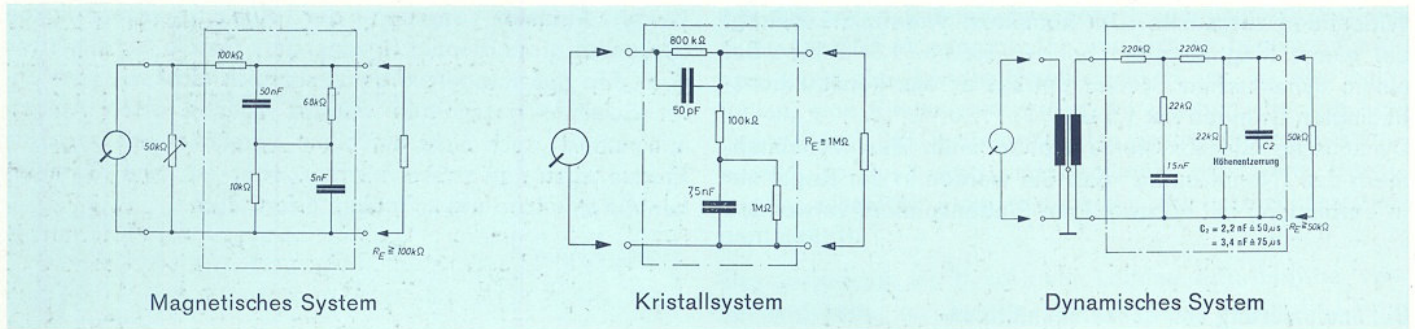


Abb. 67 Schneidkennlinien-Entzerrungen für Kristall-, magnetische und dynamische Systeme

Die Abbildung 67 zeigt praktisch erprobte Schneidkennlinienentzerrungen.

Der Belastungswiderstand beim Magnetsystem liegt in der Größenordnung 5–60 kΩ. Er ist abhängig vom Innenwiderstand des Systems und wird gleichzeitig zur Resonanzbedämpfung und zur Linearisierung in den hohen Frequenzbereichen festgelegt. So kann – wenn man diesen Wider-

stand in gewissen Grenzen variiert – zu jedem System ein optimaler Belastungswiderstand gefunden und damit ein weitgehend gerader Frequenzgang erreicht werden. Das gilt auch für die Parallelschaltung der Kanäle bei Monobetrieb (s. auch Abb. 47).

Die Empfindlichkeit eines Stereo-Magnetsystems beträgt ca. 1 mVs/cm; d. h. bei Vollaussteuerung stände – allerdings noch nicht nach der Schneidkennlinie entzerrt – ca. 8 mV zur Verfügung. Das weitaus unempfindlichere dynamische System (0,06 mVs/cm) kann nur rund 0,5 mV liefern. Hier wird ein Übertrager (ca. 1:400) erforderlich, so daß man an der Sekundärspule dann etwa 150–200 mV an 240 kΩ erhält. Auch hier muß dann noch eine Entzerrung vorgesehen werden. Derartige Entzerrungsglieder sind in jedem der beiden Verstärkerkanäle erforderlich und sollten genau übereinstimmen.

Wegen des geringen Pegels wird man beim Magnetsystem die Entzerrung zweckmäßigerweise nach der 1. Verstärkerstufe vornehmen (Abb. 66).

Für eine genaue Schneidkennlinienentzerrung ist eine Verstärkungsreserve von ca. 25 dB erforderlich. Wird die Entzerrung in einen Gegenkopplungsweg gelegt, sollte beachtet werden, daß damit die verzerrungsmindernde Wirkung der Gegenkopplung frequenzabhängig wird (siehe auch Seite 33).

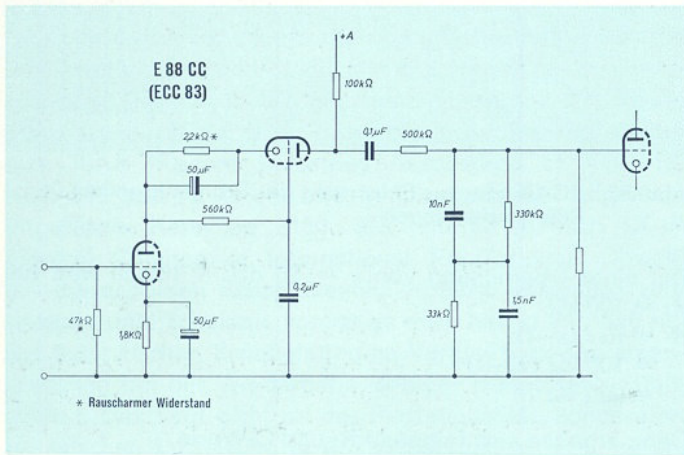


Abb. 68 Rauscharme Cascode-Eingangsstufe für ein Magnetsystem mit Schneidkennlinien-Entzerrung

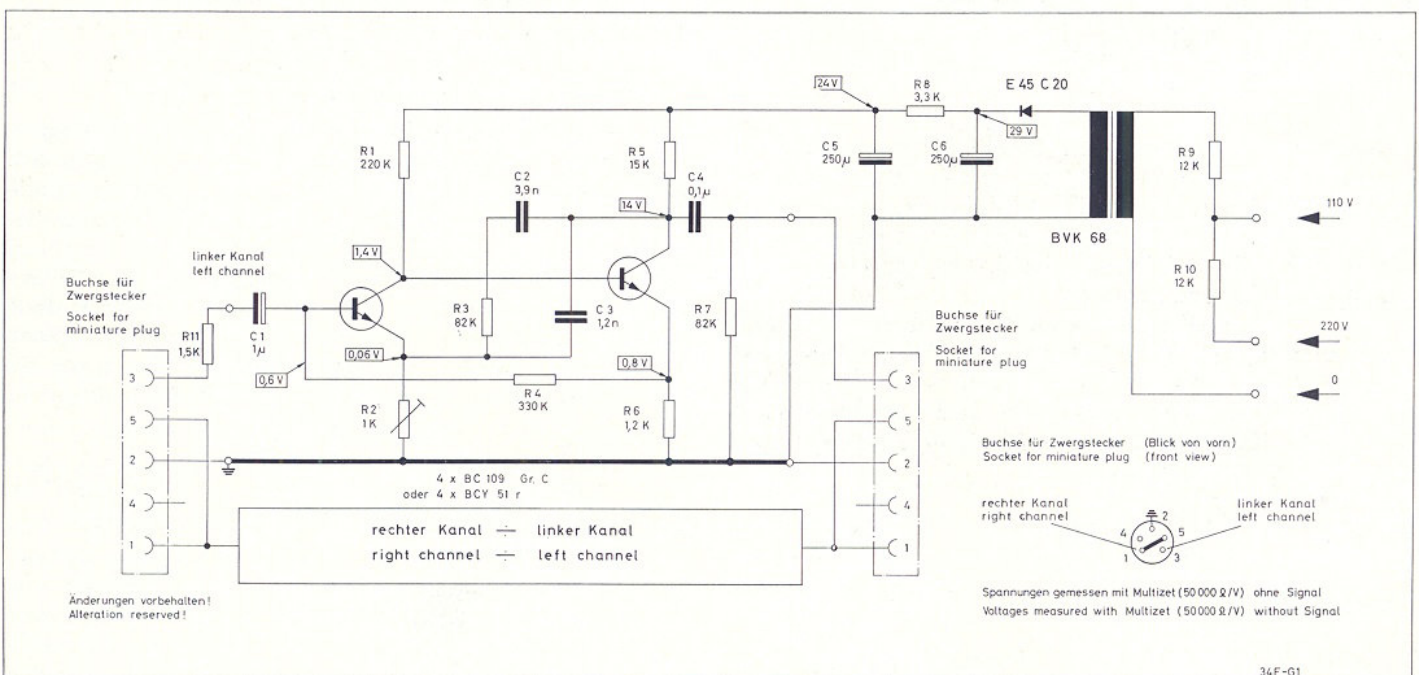


Abb. 69 Schaltbild des HiFi-Entzerrer-Vorverstärkers Dual TVV 46

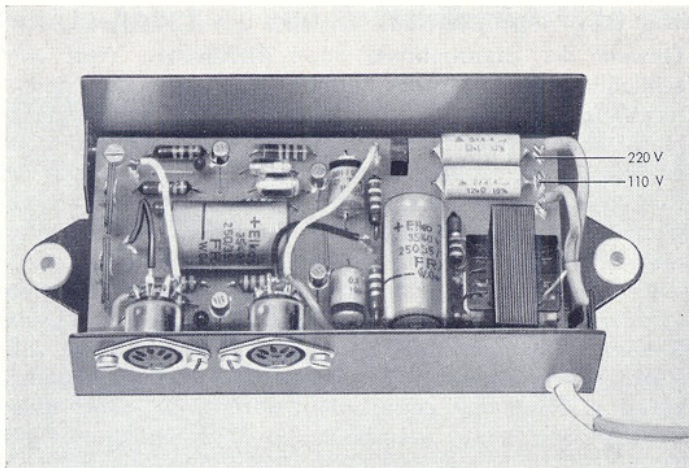


Abb. 70 Separater Entzerrer-Vorverstärker mit eigenem Netzteil und genormten Anschlußbuchsen

Abb. 70 zeigt einen separaten Entzerrer-Vorverstärker in kompakter Bauweise. Der Verstärker ist mit einem eigenen 110/220~V-Netzteil ausgerüstet und in einem stabilen Gehäuse (160 x 70 x 40 mm) untergebracht. Er kann somit bequem unter dem Laufwerk-Montageboden montiert werden (Abb. 71). Ein- und Ausgang sind an DIN-Buchsen geführt, so daß für seinen Anschluß zum Laufwerk und Wiedergabe-Verstärker keine Lötarbeit erforderlich ist.

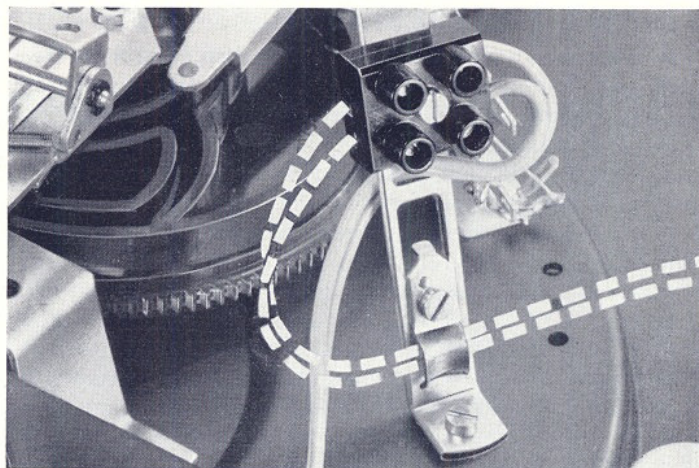


Abb. 72 Dual-HiFi-Plattenspieler sind mit einer Lüsterklemme ausgerüstet, an der das Netzkabel zu befestigen bzw. anzuschließen ist.

Der temperaturstabilisierte 2 x 2stufige Verstärker liefert am Ausgang – bei geradem Frequenzgang – eine Spannung, die je nach der Empfindlichkeit des benutzten Systems mit 0,8 bis 1,5 V etwa der Ausgangsspannung eines normalen Kristallsystems entspricht. Der Störabstand ist > 70 dB. Die Eingangsimpedanz beträgt ca. 47 kΩ und ist damit auf den erforderlichen Abschlußwiderstand der gebräuchlichsten Magnetsysteme abgestimmt. Die Entzerrung der Schneidkennlinie ist nach 3180, 318 und 75 μs vorgenommen.

Damit bei der Inbetriebnahme einer Phonoanlage mit Entzerrer-Vorverstärker derselbe nicht separat geschaltet werden braucht, ist an den neuen Dual-Abspielgeräten der Laufwerkschalter so ausgelegt, daß sowohl Vorverstärker als auch Hauptverstärker mit dem Laufwerkschalter an das Netz geschaltet werden kann. Dieser Schalter kann eine zusätzliche Schaltlast von 300 VA bewältigen, so daß auch größere Leistungsendstufen geschaltet werden können. Wegen der fortfallenden Anheizzeit lassen sich besonders günstig Transistoren-Verstärker auf diese Art an das Netz schalten, da ja die gesamte Phonoanlage unmittelbar nach der Inbetriebnahme des Plattenspielers spielbereit ist und ebenso die Verstärkeranlage nach Abspielen der letzten Platte automatisch mit dem Laufwerk abgeschaltet wird (Abschaltautomatik). Siehe Abb. 73.

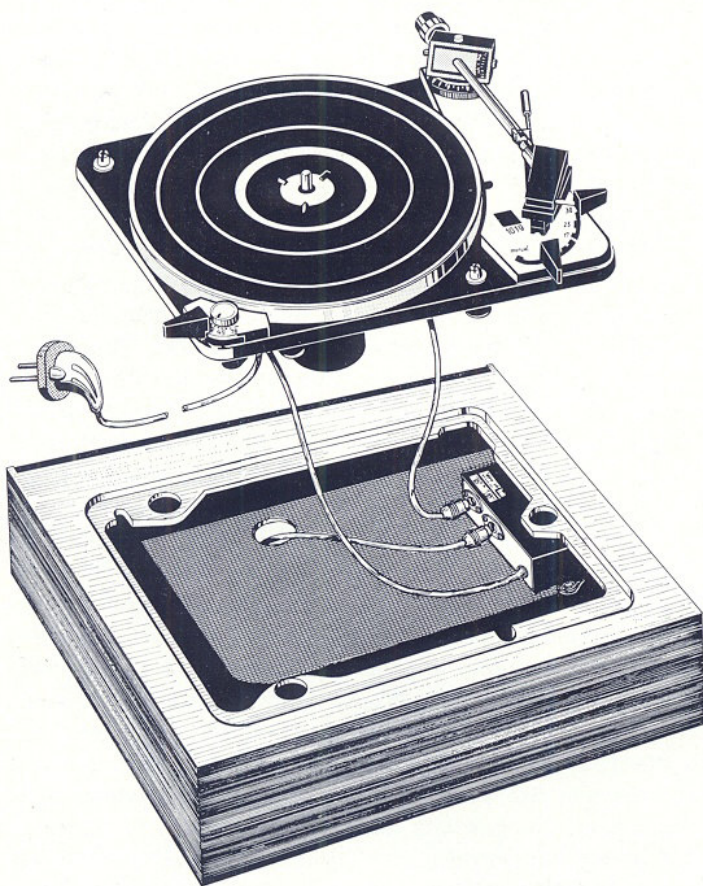


Abb. 71 Dual-Plattenspieler-Konsolen und -Aufstellungssockel besitzen vorbereitete Bohrungen, die unter Verwendung der dem Zubehör beigelegten Schrauben, Scheiben und Muttern das Befestigen des TVV 46 in einfacher Weise ermöglichen

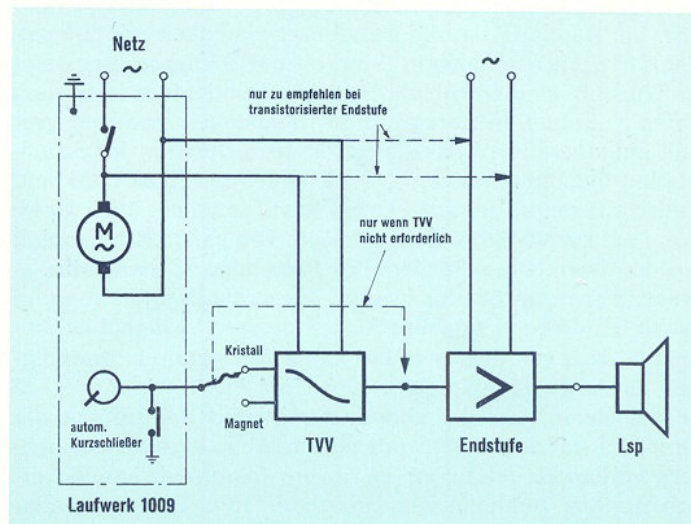


Abb. 73 Inbetriebnahme der Verstärkeranlage über den Laufwerk-Netzschalter

## 78 und 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> UpM - überflüssig?

Man findet kaum ein modernes Plattenabspielgerät, an dem nicht die Plattenteller-Drehzahlen 78 und 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> eingestellt werden können. Es mangelt nicht an Stimmen, diese Tourenzahlen, zumindestens bei HiFi-Geräten, zur Kostensenkung und Qualitätssteigerung doch fortfallen zu lassen.

Abgesehen davon, daß sich dadurch nur eine unwesentliche Kostenersparnis ergeben würde, bleibt die Qualität des Antriebes für die Tourenzahlen 33<sup>1</sup>/<sub>3</sub> und 45 UpM vom Vorhandensein der anderen beiden Drehzahlen unbeeinflusst. Obwohl 78er-Platten schon seit Jahren nicht mehr gepreßt werden, möchten doch viele Musikfreunde auf die Abspielmöglichkeit ihrer zum Teil unersetzbaren historischen Aufnahmen auf Schellack-Platten mit 78 UpM nicht verzichten, und ein Weglassen dieser Tourenzahl könnte daher sehr leicht bemängelt werden.

Die allgemeine Tendenz, die Spielzeit für einen Tonträger zu erhöhen, wirkte sich gleichermaßen auf Bandgeräte und Schallplattenspieler aus. Man glaubte, für Sprachaufnahmen, die mit der Verringerung der Tonträgergeschwindigkeit verbundene Qualitätsverschlechterung in Kauf nehmen zu können, um z. B. zur Vertonung von Büchern, Schauspielen, Sprachkursen usw. mit geringstem Tonträgermaterial auszukommen. Dagegen wäre im Prinzip nichts zu sagen, solange für den Interessierten die von der Aufzeichnung und Abtastung abhängige verminderte Qualität der Wiedergabe ausreicht. Den erheblichen durchmesserabhän-

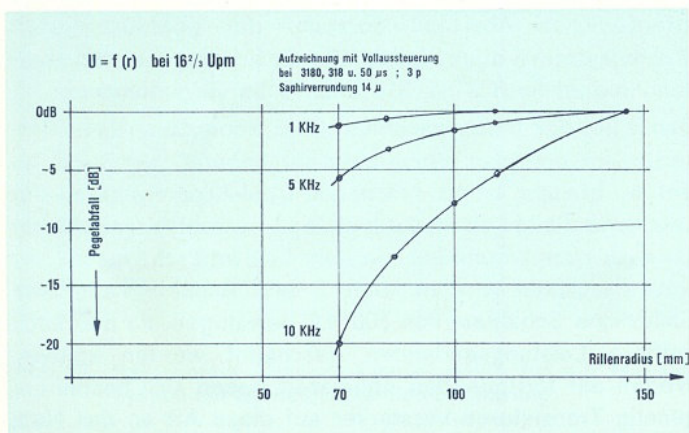


Abb. 74 Durchmesserabhängiger Pegelabfall beim Abtasten einer 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub>-UpM-Platte

gigen Pegelverlust beim Abtasten einer 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub>-UpM-Platte bei verschiedenen Frequenzen zeigt die Abb. 74. Während sich bei Bandgeräten die Bandgeschwindigkeit von 2,4 cm/sec für Sprachaufnahmen (speziell bei Diktiergeräten) eingeführt hat, sind 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub>-UpM-Platten zumindestens in Europa kaum zu haben. In bezug auf die Spielzeiten erreichte man laut eingehenden physikalischen Untersuchungen der Schallplatten-Industrie auf der 25-cm-Platte mit 33<sup>1</sup>/<sub>3</sub> UpM und Füllschrift mehr, als auf einer 17-cm-Platte mit 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> UpM, die doch nur auf einer Spiegelbreite von ca. 35 mm bespielt werden kann. Da außerdem der Preis einer Schallplatte im wesentlichen nicht durch den Materialaufwand, sondern durch GEMA- und Künstler-Aufwendungen bestimmt ist, bestände auch von der Seite her keine zwingende Notwendigkeit für die Einführung einer 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub>-UpM-Platte.

Da es sie in Amerika aber nun gibt und demzufolge die Drehzahl an den dort produzierten Abspielgeräten durchweg vorhanden ist, würde es unsere Exportaufträge sicherlich negativ beeinflussen, wenn die 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub>-Tourenzahl-Einstellmöglichkeit nicht vorhanden wäre. Speziell für den deutschen Markt ist sie zur Zeit jedoch noch nicht ausnützlich. Ob sie damit überflüssig ist, bleibt abzuwarten.

## Was ist HF-Stereophonie?

Obwohl die Stereophonie ihren praktischen Wert ausschließlich im Bereich der hörbaren Töne, also der Niederfrequenz (NF) hat, spricht man von einer sogenannten Hochfrequenz (HF)-Stereophonie. Sie dient jedoch nur dazu, die NF-Stereophonie auch bei der Übertragung von Rundfunksendungen anwenden zu können. Mit HF-Stereophonie wird ganz allgemein die Modulation einer hochfrequenten Trägerwelle mit den NF-Informationen der beiden Stereokanäle L (links) und R (rechts) bezeichnet. Die in bekannter Weise gewonnenen NF-Stereoinformationen L und R müssen für eine elektromagnetische Ausstrahlung über Rundfunksender einer – dem betreffenden Sender zugeordneten – Trägerwelle aufmoduliert werden. Da jedoch diese beiden voneinander verschiedenen NF-Informationen die Trägerwelle nicht gleichzeitig modulieren können, werden sie in einer besonderen Schaltung zunächst zu einem Summensignal L+R und einem Differenzsignal L–R zusammengefügt. Während das Summensignal L+R nun die UKW-Trägerfrequenz mit optimaler Bandbreite frequenzmoduliert, wird in der sogenannten Zweiseitenband-Amplitudenmodulation das Differenzsignal L–R einem 38-kHz-Hilfsträger aufmoduliert. Der Hilfsträger wird später unterdrückt und das nunmehr trägerlose Signal wird dem L+R-Signal zugefügt. Zusätzlich mit einem 19-kHz-Pilotton ist damit ein Multiplex-Signal entstanden, dessen Zusammensetzung es gestattet, einen Stereo-Rundfunkempfänger, wie bisher in bekannter Weise, nur auf eine Empfangsfrequenz abzustimmen. Die Addition L+R ist erforderlich, weil man auch mit HF-Monogeräten bisher bekannter Bauart die Stereo-Sendung empfangen möchte. Das Multiplex-Signal ist damit also kompatibel.

Im Empfänger muß das von der Antenne aufgenommene Multiplex-Signal wieder decodiert werden. Das geschieht in dem sogenannten Decoder. Am Ausgang dieser, nicht umfang- aber sinnreichen Schaltung – die das Signal L+R mit L–R addiert, L–R von L+R subtrahiert – stehen, einschließlich der Erzeugung des 38-kHz-Trägers aus der 19-kHz-Pilotton-Frequenz, wieder die voneinander getrennten Signale L und R zur Verfügung. In der Stereo-Endstufe des Rundfunkgerätes werden diese beiden Spannungen verstärkt und über mindestens einen Lautsprecher pro Kanal abgestrahlt. Eine derartige Rundfunkgeräte-Stereo-Endstufe unterscheidet sich im Aufbau und in der Arbeitsweise nicht von einem Stereo-Phono-Verstärker. Über ein Stereo-Rundfunkgerät kann eine Stereo-Schallplatten-Wiedergabe somit ohne weiteres durchgeführt werden. Die Anschlüsse für den Stereo-Plattenspieler sind – wie bisher bei den Monogeräten – an der Rückseite des Rundfunkgerätes vorgesehen. Lautstärke-, Klang- und Balanceregulierung sowie die Umschaltung Mono-Stereo können ebenfalls durch die Bedienungselemente des Rundfunkgerätes vorgenommen werden. Wenn auch das Stereo-Rundfunkgerät eine besonders einfache und billige Möglichkeit der Stereo-Schallplatten-Wiedergabe darstellt, so kann es jedoch für anspruchsvolle Stereoanlagen (z. B. mit Magnetsystem) günstiger sein, die gesamte Stereoanlage (also HF- und NF-Teil sowie Lautsprecher) in Komponenten aufzuteilen, da insbesondere die Abstrahlbasis – wie sie die Rundfunkgerätegehäuse bei Stereowiedergabe zulassen – naturgemäß sehr beengt ist. Die vielfältigen Möglichkeiten, eine Stereoanlage für Rundfunk und Phono individuell zusammenzustellen, sind bei der Komponenten-Bauweise besonders günstig (siehe auch Seite 41).

# Geräte-Anschluß und Kontaktbelegungen genormter Phono-Steckverbindungen

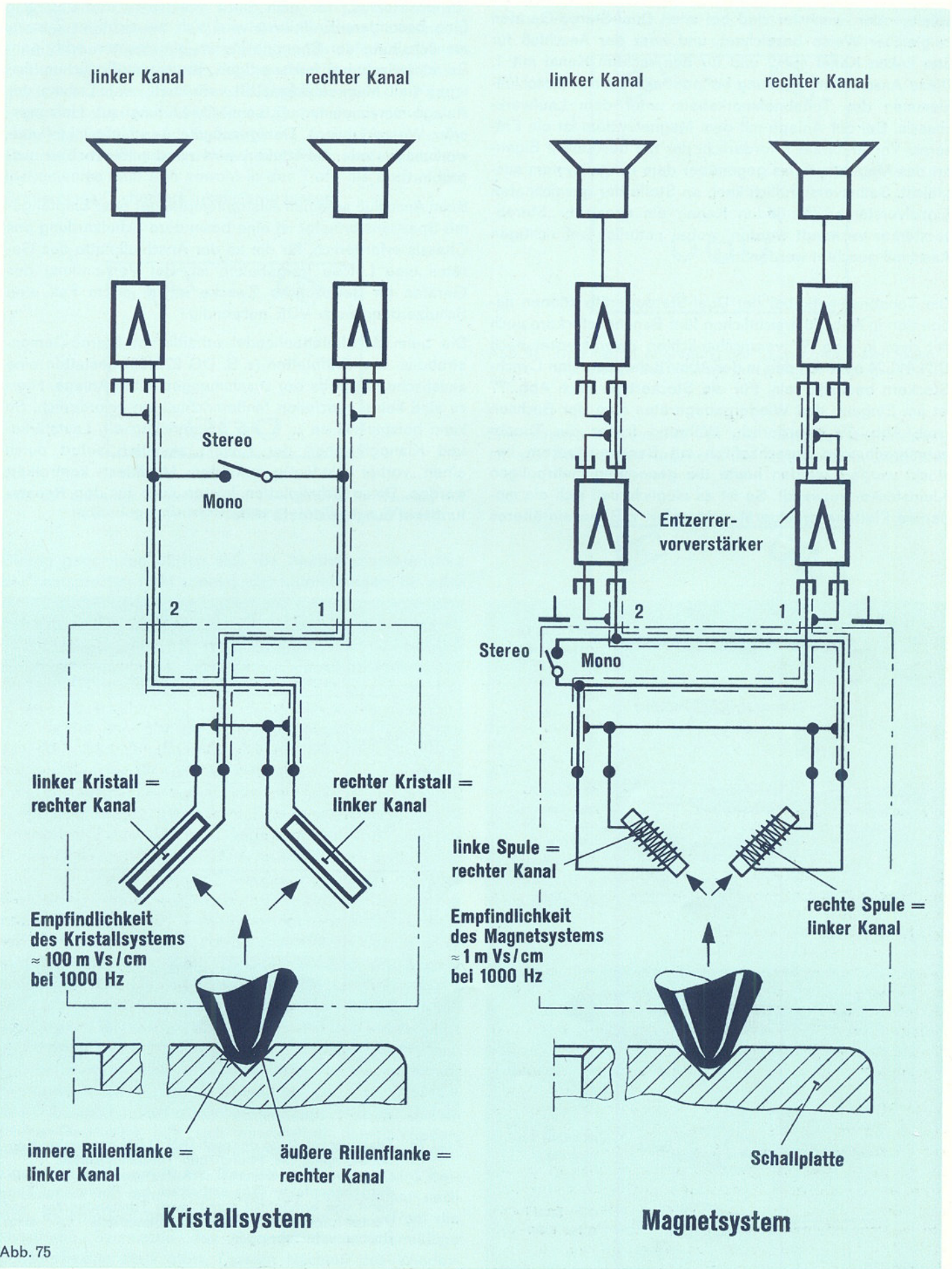


Abb. 75

In der Abb. 73 ist der NF-Stromlauf für eine Phonoanlage mit einem Kristallsystem und einem Magnetsystem gezeichnet. Die Anschlüsse für das Tonabnehmerkabel am Plattenspieler oder -wechsler sind bei allen Dual-Stereo-Geräten in gleicher Weise bezeichnet, und zwar der Anschluß für den linken Kanal mit 2 und für den rechten Kanal mit 1. Diese Anschlußbezeichnung befindet sich an den Anschlußklemmen des Tonabnehmerkabels unter dem Laufwerkchassis. Bei der Anlage mit dem Magnetsystem ist ein Entzerrer-Vorverstärker erforderlich, der die besondere Eigenart des Magnetsystems gegenüber dem Kristallsystem ausgleicht. Selbstverständlich kann an Stelle der gezeichneten Einzelverstärker (für jeden Kanal) ein spezieller Stereo-verstärker verwandt werden, wobei natürlich auf richtigen Anschluß geachtet werden muß.

Die Tonabnehmerkabel der Dual-Stereogeräte können neben den in Abb. 76 ersichtlichen fünf Bananensteckern auch mit dem in Abb. 77 veranschaulichten Zwergstecker nach DIN 41 524 oder mit den in der Abb. 78 dargestellten Cynch-Steckern bestückt sein. Für die Steckertypen nach Abb. 77 ist am Eingang des Wiedergabegerätes eine der Buchsen nach Abb. 79 erforderlich. Während früher die Tonabnehmerleitungen ausschließlich mit Bananensteckern bestückt wurden, werden heute die genormten mehrpoligen Kleinstecker verwandt. So ist es möglich, daß sich ein modernes Plattenabspielgerät nicht sofort z. B. an ein älteres

Rundfunkgerät anschließen läßt. Für einen derartigen Fall hat jedoch der Fachhändler Übergangsstücke von der einen zur anderen Steckerart bereit.

Eine besondere Erdleitung wird sich bei richtiger Zusammenschaltung der Phonogeräte im allgemeinen erübrigen. Es ist jedoch bei hochwertigen, brummempfindlichen Anlagen (mit Magnetsystem) oft vorteilhaft, eine Erdung der Anlage vorzunehmen (2,5-mm<sup>2</sup>-Cu-Leitung zur Heizungs- oder Wasserleitung). Der günstigste Anschlußpunkt (Laufwerkchassis oder Verstärker) wird zweckmäßigerweise ausprobiert.

Beim Anschluß an einen Allstromempfänger oder Empfänger mit Spartransformator ist eine besondere Schutzerdung des Chassis erforderlich, für die an der Anschlußplatte des Gerätes eine Lötöse freigehalten ist. Bei Verwendung des Gerätes für gewerbliche Zwecke ist in jedem Fall eine Schutzerdung nach VDE notwendig.

Die beim Schallplattenhandel erhältlichen Stereo-Demonstrations- und Prüfplatten (z. B. DG 220495) gestatten eine akustische Kontrolle der zusammengestellten Anlage. Hierzu sind keine speziellen Meßeinrichtungen erforderlich. So kann beispielsweise u. a. die Seitenrichtigkeit, Lautstärke- und Klanggleichheit der Kanäle akustisch sofort durch einen vorher eindeutig erklärten Musiktest kontrolliert werden. Diese Schallplatten leisten auch für den Reparatordienst ausgezeichnete Hilfe.

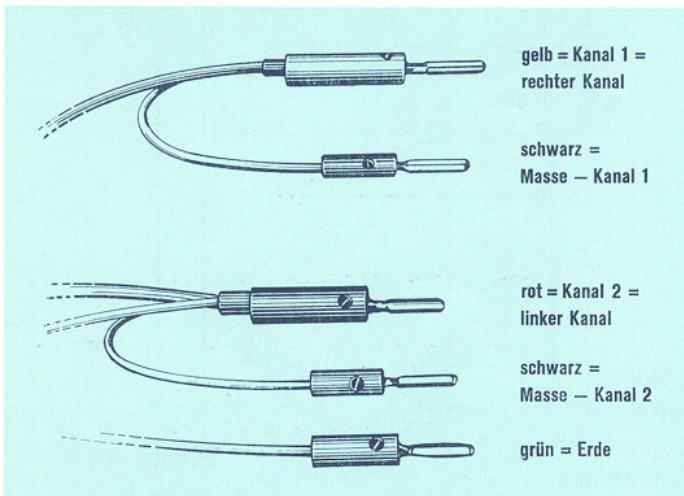


Abb. 76

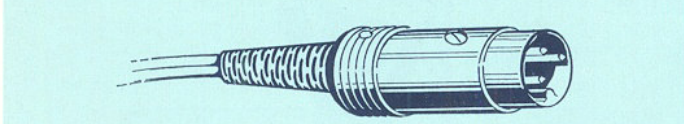


Abb. 77

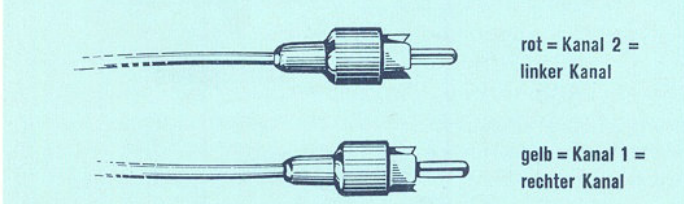


Abb. 78

		Plattenspieler		Tonbandgerät	
		monophon	stereophon	monophon	stereophon
Beschaltung nach DIN 41524 alt	Stecker	1 	2 	3 	4 
	Buchse	5 	6 	7 	8 
Beschaltung nach DIN 41524 neu	Stecker	9 	10 	wie 3 	wie 4 
	Buchse	11 	12 	wie 3 	wie 8 

R = Rechter Kanal  
L = Linker Kanal  
O = Masse  
\* = Nur für Übergangszeit Brücke 1-5

A = Aufnahme  
W = Wiedergabe  
bl = blind

Abb. 79 Zusammenstellung der nach DIN 41 524 genormten Kontaktbelegung bei Phono- und Tonbandgeräten. Die neue Norm trennt klar Aufnahme- (1,4) und Wiedergabekontakte (3,5) einheitlich bei Phono und Tonband und ermöglicht somit, auch Tonbandgeräte- und Plattenspieleranschlüsse gegebenenfalls in einer Buchse unterzubringen.

## Anordnung der Stereo-Anlage im Raum

Stellt man eine Stereo-Anlage aus einkanaligen Übertragungsgliedern zusammen, sollte man der Lautsprecherabstrahlung der beiden Kanäle erhöhte Beachtung zuwenden. Eine Stereo-Wiedergabe ist nicht dadurch definiert, daß die beiden Lautsprecher oder Lautsprechergruppen unabhängig voneinander verschiedene Klangbilder oder die Klangbilder verschiedener Instrumente abstrahlen, ihr muß vielmehr die Breiten- und Tiefenwirkung – die Plastik – der Originaldarbietung innewohnen. Der Platz jedes einzelnen Instrumentes muß sich sowohl in der Tiefe als auch in der Breite eines Orchesters lokalisieren lassen.

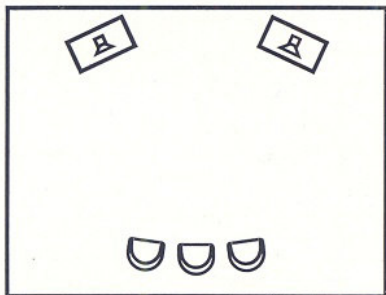


Abb. 80 Günstige Anordnung der Lautsprecher in Räumen mit rechteckiger Grundfläche und schallharten Wänden

Streng genommen dürfen sich die Abstrahlcharakteristika der Lautsprecher nicht voneinander unterscheiden. So wäre eine Stereo-Wiedergabe recht fragwürdig, wenn man beispielsweise für den Kanal 1 eine Musiktruhe mit mehreren Lautsprechern (evtl. in 3-D-Anordnung) und für den Kanal 2 nur einen kleinen Zusatzverstärker mit Lautsprecher verwendete. Das akustische Gleichgewicht zwischen den Kanälen muß annähernd gewährleistet sein, wenn man nicht die von der Stereo-Platte genau ausgewogene Verteilung des Stereo-Klangbildes völlig verfälschen will. Die Benachteiligung eines Kanales, sei sie durch den Tonabnehmer, den Verstärker oder den Lautsprecher verursacht, kommt einem halb abgedeckten Orchester gleich, gleichsam einer Bühne mit halb zugezogenem Vorhang. Die Gleichwertigkeit für beide Stereo-Kanäle sollte weitgehend auch vom Wiedergaberaum her gegeben sein. Eine gute Stereo-Wiedergabe wird sich vornehmlich in Räumen geringer und gleicher Seitenreflexionen erzielen lassen. Reflektierende bzw. schallschluckende Wände oder Gegenstände in der Umgebung der Lautsprecher verursachen sehr leicht eine Ortungs- oder Klangbildverschiebung, die sich nicht immer mit dem Symmetrie- bzw. Klangregler voll ausgleichen lassen. Bei schallharten Wänden werden sich in Räumen mit rechteckiger Grundfläche gute Ergebnisse erzielen lassen, wenn die Lautsprecher raumsymmetrisch an einer längeren Wand angeordnet sind, wie das die Abb. 80 zeigt. Aber auch in Räumen anderer Grundflächen-Geometrie läßt sich einwandfrei Stereo-Wiedergabe erzielen, wenn die Bedingung gleicher Seitenreflexion annähernd erfüllt ist. Der Stereo-Eindruck wird beispielsweise bei einer Anordnung der Lautsprecher nach Abb. 81 erheblich beeinträchtigt, weil die Fensterfront die akustische Symmetrie des Raumes durch übermäßige Schallreflexion stark stört. Diesem Nachteil des Wiedergaberaumes kann entweder durch Vorhänge an den Fen-

stern (Verringerung der zu starken Reflexion) oder durch Aufstellung der Lautsprecher nach Abb. 82 begegnet werden.

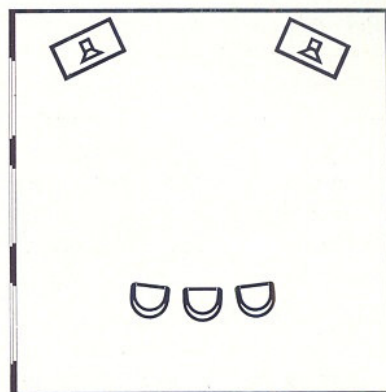


Abb. 81 Ungünstige Anordnung der Lautsprecher, akustische Symmetrie des Raumes durch Fensterfront gestört

Eine andere interessante Art der Lautsprecheranordnung ist aus Abb. 83 zu ersehen. Die Lautsprecher sind hier

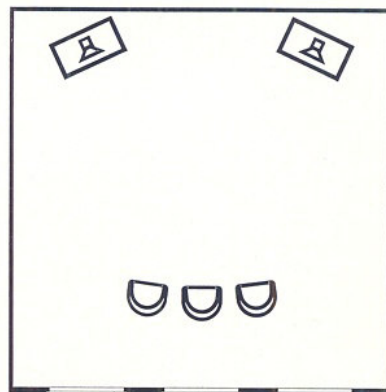


Abb. 82 Günstige Anordnung der Lautsprecher in Räumen mit einseitig übermäßiger Schallreflexion (vergl. Abb. 81)

symmetrisch zu einer Raumecke angeordnet, die nach Art eines Resonators für tiefe Frequenzen unterstützend wirkt.

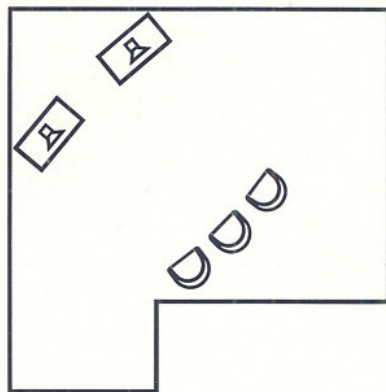


Abb. 83 Günstige Anordnung der Lautsprecher im geometrisch ungünstigen Raum

In manchen geometrisch ungünstigen Wohnräumen mag diese Lautsprecher-Anordnung gute Ergebnisse der Stereo-Wiedergabe bringen. Der Abstand der beiden Lautsprecher muß in jedem Falle den raumakustischen Verhältnissen angepaßt sein. Er soll dem räumlich günstigen Hörer-Abstand entsprechen. Die Abstrahl-Richtung der Lautsprecher ist so zu wählen, daß sich ihre Mittelachsen etwa am Platze des Hörers kreuzen. Die Aufstellung der Lautsprechergehäuse in den Abb. 80–83 ist lediglich schematisch angedeutet. Der aus räumlichen Gründen ungünstige schräge Stand der Boxen mit rechteckiger Grundfläche ist bei hochwertigen industriellen Erzeugnissen – durch entsprechenden Einbau der Lautsprecher – nicht unbedingt erforderlich.

## Die Stereo-Hörsamkeit

Bei der Originaldarbietung im Konzertsaal unterscheidet man zwischen akustisch guten und weniger guten Plätzen. Die akustisch günstigsten Plätze liegen etwa auf der Mittellinie des Orchesters, und zwar in einem Abstand, der ungefähr der Breitenausdehnung des Orchesters entspricht. Ähnlich ist es bei der Stereo-Wiedergabe, die dem Hörer die Originaldarbietung in den Wohnraum bringen soll. Der Platz besten Stereo-Eindrucks liegt auf der Mittelsenkrechten der Lautsprecher in einem Abstand, der etwa der Lautsprecherbasis entspricht (siehe Abb. 84). Je nach Lautsprecherbasis (Entfernung der Lautsprecher voneinander) und Richtcharakteristik der Lautsprecher bildet sich im Wiedergaberaum ein Bereich gleicher Hörsamkeit, dessen Fläche in Abb. 84 schraffiert dargestellt ist. In diesem Bereich entspricht der Stereo-Eindruck etwa dem Klangbild im Parkett des Konzertsalles. Es empfiehlt sich deshalb, die Lautsprecher so im Raum anzuordnen, daß der Bereich gleicher Hörsamkeit durch Sitzgruppen genutzt werden kann. In der Praxis wird die Zone gleicher Hörsamkeit besonders an den Randgebieten durch evtl. unterschiedliche Raumreflexionen häufig verschoben. Das läßt sich mit dem Balanceregler ausreichend korrigieren. Plattenspieler und

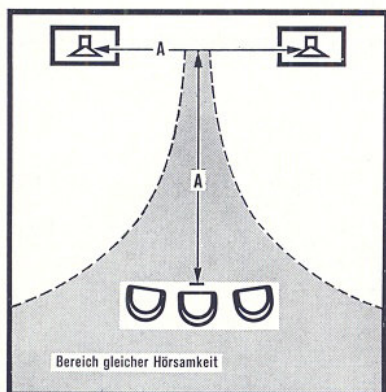


Abb. 84

Verstärkeranlage sollten möglichst im Raum gleicher Hörsamkeit und in Bedienungsnähe des Hörers aufgestellt sein.

## Inbetriebnahme der Stereoanlage

Man vergewissere sich zunächst, daß die Anlage vorschriftsmäßig und einwandfrei verkabelt ist. Bei seitenverkehrtem Anschluß ergibt sich auch seitenverkehrte Wiedergabe! Der linke Lautsprecher (vom Hörer aus gesehen) muß über den Verstärker an der Anschlußklemme 2 des Plattenspielers liegen. Bei Musiktruhen und kompletten Stereoanlagen werden evtl. lösbare Anschlüsse unverwechselbar gekennzeichnet sein. Bei getrennt aufgestellten Geräten mit mehreren Verbindungsleitungen untereinander kann eine Leitung schon leichter verwechselt werden. Hier ist zunächst zu prüfen, ob die Information der linken Rillenflanke auch vom linken Lautsprecher abgestrahlt wird. Das läßt sich am einfachsten mit einer Testplatte feststellen.

Die Ausbalancierung bzw. Mittenjustierung wird beim Abspielen einer monauralen Mikrorillen-Schallplatte mit den Lautstärkereglern der beiden monauralen Einzel-Verstärker oder dem Balanceregler des Stereoverstärkers so durchgeführt, bis die Schallquelle genau in der Mitte zwischen den beiden Lautsprechern zu liegen scheint. Man kann auch bei Geräten mit einer Stereotaste beim Abspielen einer Stereo-Schallplatte in Stellung O der Stereotaste diese Einstellung vornehmen.

Steht keine Stereo-Prüfplatte zur Verfügung, prüft man die Stereo-Anlage mit einer Mono-Schallplatte und verändert Lautstärke, Klang und räumliche Aufstellung der einzelnen Übertragungswege so lange, bis bei keinem der beiden Kanäle eine einseitig überbetonte Abstrahlung wahrgenommen werden kann. Das Ausbalancieren der Wiedergabekanäle ausschließlich mit einer Musik-Stereoplatte ist nicht ganz einfach. Der – auf beide Kanäle verteilte – musikalische Inhalt müßte entweder bekannt sein oder die Wiedergabe über einen längeren Zeitraum akustisch sorgfältig kontrolliert werden.

Es ist schließlich noch auf phasengleiche Polung der Lautsprecher zu achten. Bei falscher Polung tritt bei tiefen Frequenzen eine Lautstärkeschwächung, verbunden mit geringfügiger Verzerrung auf, und bei mittleren Frequenzen wird die Ortungsmöglichkeit, beispielsweise der einzelnen Schallquellen eines Orchesters, deutlich beeinträchtigt. Falsche Polung darf nicht mit Kanalvertauschen verwechselt werden. Während bei Vertauschen der Kanäle lediglich das Lautsprecherkabel bzw. der Anschluß des Tonabnehmers ausgetauscht zu werden braucht, muß bei falscher Polung bei einem beliebigen Kanal der Anschluß entweder beim Lautsprecher oder beim Tonabnehmersystem umgewechselt werden.

Diese Hinweise sind – wie schon gesagt – nur bei selbst zusammengestellten Baugruppen von besonderer Wichtigkeit, da industrielle Anlagen in dieser Hinsicht vom Hersteller genauestens überprüft werden.

Zur Überprüfung der Schallplattenwiedergabeanlagen hat die Schallplattenindustrie verschiedene Meßplatten herausgebracht, die nicht nur beim Einmessen einer Anlage erforderlich sind, sondern auch bei der laufenden Wartung einer HiFi-Anlage wertvolle Dienste leisten (siehe Seite 48).

# Stereo-Componenten

Als Stereo-Componenten werden elektroakustische Baugruppen bezeichnet, die in sich zwar abgeschlossene Geräte darstellen (Plattenspieler, Verstärker und Lautsprecher), aber als getrennte Bauteile ausschließlich für eine Kombination elektrisch und in der Form aufeinander ab-

gestimmt sind. Derartige Componenten können zu einer Stereo-Musikwiedergabeanlage nach speziellen Wünschen betreffend der Ausstattung, also der technischen Leistung und der räumlichen Aufstellung, zusammengestellt werden. (Siehe die Abbildungen 85 und 86).

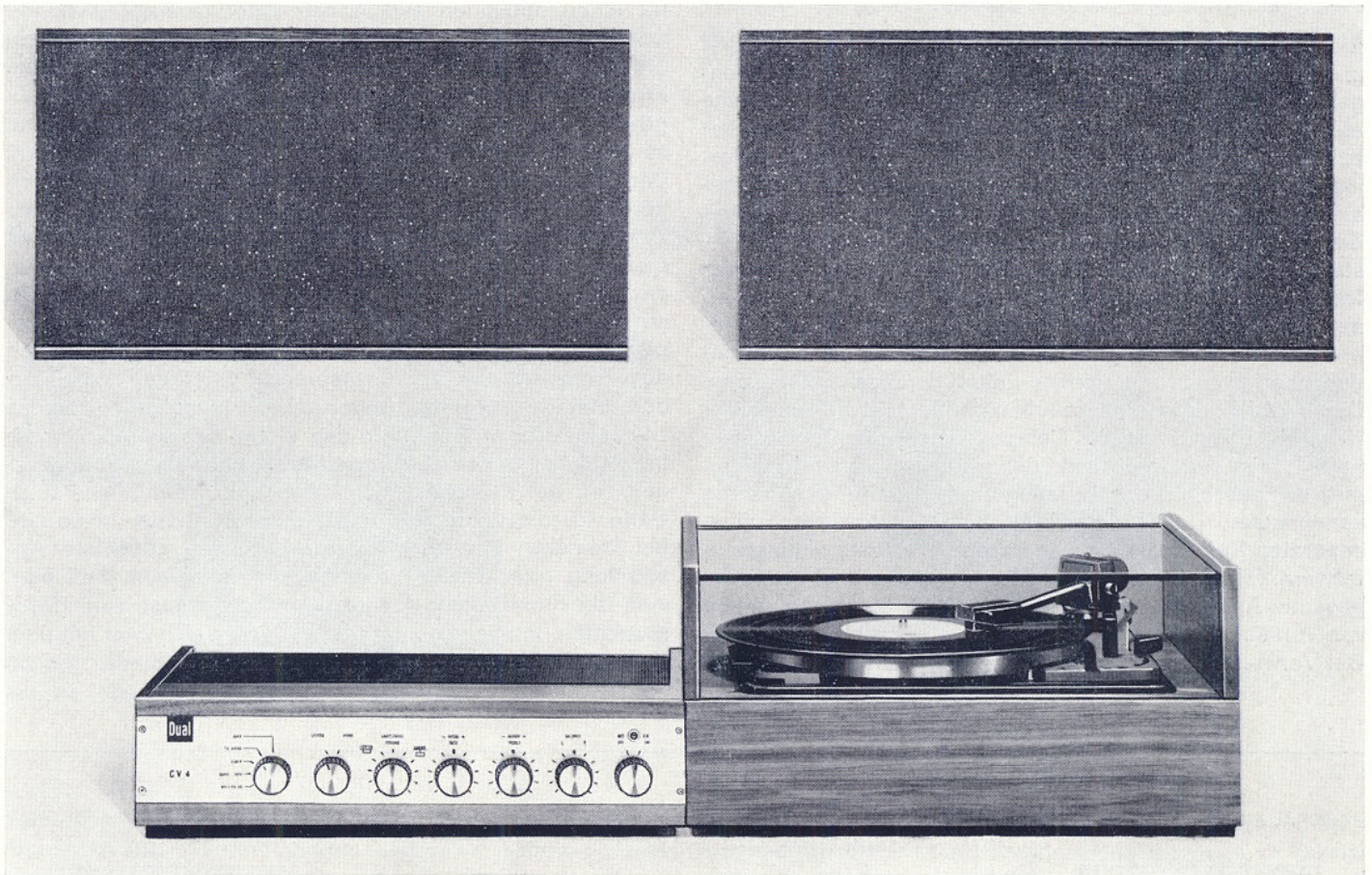


Abb. 85 Dual-Stereo-Componenten

Die Componenten können je nach den Ansprüchen in mehreren qualitativ unterschiedlichen Ausführungen bezogen werden, jedoch gilt auch hier die bereits auf Seite 22 besprochene Tatsache, daß die einzelnen Componenten in der Qualität aufeinander abgestimmt sein sollten. Das heißt natürlich nicht, daß – wenn man in der Qualität etwas mehr Aufwand treiben will – immer nur eine gleichzeitige Anschaffung hochwertiger Componenten erforderlich ist. Es kann hier dem Interessenten weitgehend überlassen blei-

ben, welche der modernen Stereo-Componenten er sich als Grundstein einer HiFi-Anlage zuerst anschaffen möchte und welche vorhandenen Apparaturen zunächst mit verwandt werden sollen. Doch das sollte man sich schon reiflich überlegen. Sicherlich ist es falsch, eine vorhandene, qualitativ beschränkte Anlage zunächst mit guten Lautsprechern auszustatten. Sie würden die Mängel der Apparaturen erst aufdecken und kaum eine – dem finanziellen Aufwand entsprechende – Verbesserung erwirken.

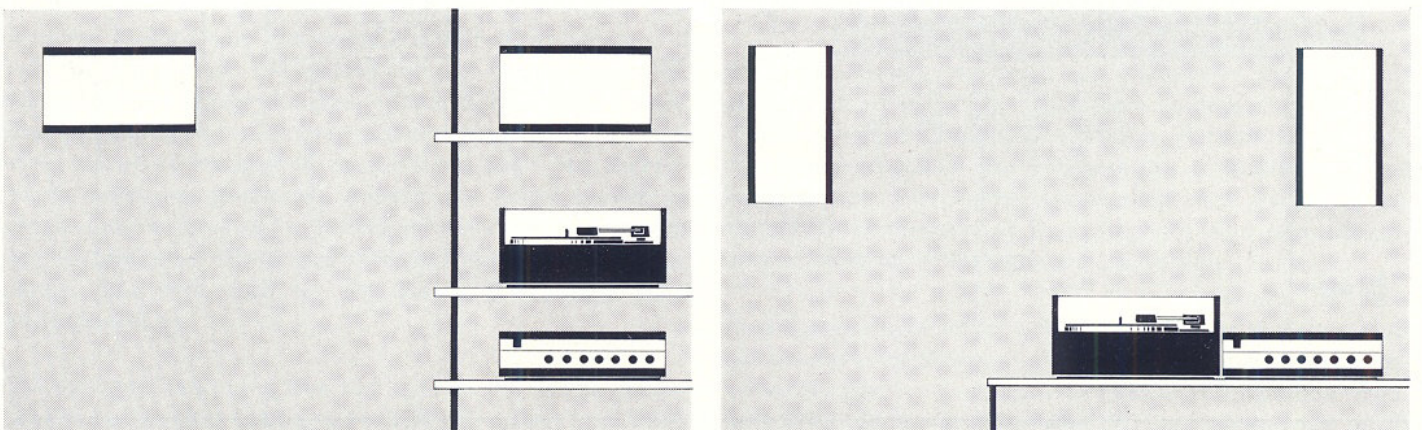


Abb. 86 Aufstellungsmöglichkeiten der Dual-Stereo-Componenten

Die Anschaffung eines HiFi-Laufwerkes mit Magnetsystem kann schon eine Verbesserung der Wiedergabe bringen, die jedoch dann von der Verstärker- und Lautsprecher-Apparatur in Grenzen gehalten wird. Also erscheint es zweckmäßig, danach einen guten Verstärker auszuwählen, damit dann die Qualität der angeschlossenen Tonfrequenz-Spannungsquellen optimal bewertet und gegebenenfalls ausgesucht werden kann. (Vorausgesetzt, daß die vorhandenen Lautsprecher nicht allzu schlecht sind!)

Die Spannungen dieser Quellen – Tonabnehmer, Tonband und Rundfunkuner – können über flexible Steckverbindungen dem Verstärker zugeführt werden, wobei es im Falle eines Anschlusses an einen Dual HiFi-Stereoverstärker außerdem gleichgültig ist, ob es Mono- oder Stereo-Informationen sind, die verstärkt werden sollen. Die Betriebsarten-Umschaltung sowie sämtliche Regelvorgänge (außer der Senderabstimmung am Tuner) werden an diesem Verstärker vollzogen (Abb. 87). Dadurch ergibt sich eine einfache, übersichtliche Bedienbarkeit der Anlage. Das Zusammenschalten bzw. das Auswechseln der einzelnen Komponenten kann werkzeuglos über die mitgelieferten Verbindungskabel auch von jedem Laien durchgeführt werden. Durch Wahl geeigneter Kabellängen besteht bezüglich der räumlichen Verteilung der Komponenten weitgehende Freiheit. Sofern die Geräte mit Netzspannung versorgt werden müssen, geschieht das über eigene Netzkabel unabhängig voneinander. Das Laufwerk benötigt ja sowieso keinen separaten Netzschalter, da es mit der Starttaste eingeschaltet wird. Mit dem Einschalten des Verstärkers ist somit die gesamte Anlage betriebsbereit. (Über die Stromversorgung von Verstärkern über den Laufwerk-Netzschalter s. Seite 35.) Bei Verwendung hochwertiger Magnetsysteme ist entweder

ein – zwischen Laufwerk und Hauptverstärker anzubringender – Entzerrer-Vorverstärker erforderlich oder ein Kompaktverstärker, der diese Aufgabe mit übernehmen kann (Dual CV 4).

Die Belastbarkeit der an den Verstärkerausgang angeschlossenen Lautsprecher sollte mindestens der Nennleistung des Verstärkers entsprechen. Wie und wo diese Lautsprecher im Raum und zueinander aufgestellt werden, ist für einen optimalen akustischen Eindruck nicht ganz unwesentlich. Über dabei zu beachtende grundsätzliche Probleme wurde auf Seite 39 bereits ausführlich gesprochen. Allgemeinlösungen können nicht angegeben werden, ein gewisses Experimentieren ist daher zu empfehlen. Eine häufig wiederkehrende Frage ist: „Muß man unbedingt im Bereich der Symmetrieachse zwischen den Lautsprechern hören?“ Hierauf kann man nur antworten: „Nach Möglichkeit schon“, denn es sei zunächst angenommen, die beiden Lautsprecher strahlen mit gleicher Intensität ab. Ein Hörer, der sich nicht auf der Symmetrieachse befindet, wird die scheinbare Schallquelle nicht mehr in der Mitte lokalisieren, da sich der Schalldruck umgekehrt proportional mit dem Hörer-Abstand vom Lautsprecher verändert und außerdem die Wellenfronten wegen des Abstandsunterschiedes zu verschiedenen Zeiten an den Ohren des Hörers eintreffen. Man kann zwar durch gerichtete Abstrahlung hoher Frequenzen mit mehreren Hochtonlautsprechern (siehe auch Seite 45) diesen Einfluß eliminieren, darf aber – gerade bei kleineren Lautsprecherboxen – diese gerichtete Abstrahlung nicht immer voraussetzen. In diesem Fall muß man die Frontflächen der Lautsprechergehäuse zum Hörer ausrichten. Intensitätsunterschiede lassen sich zwar mit dem Balanceregler ausgleichen, Laufzeitunterschiede jedoch

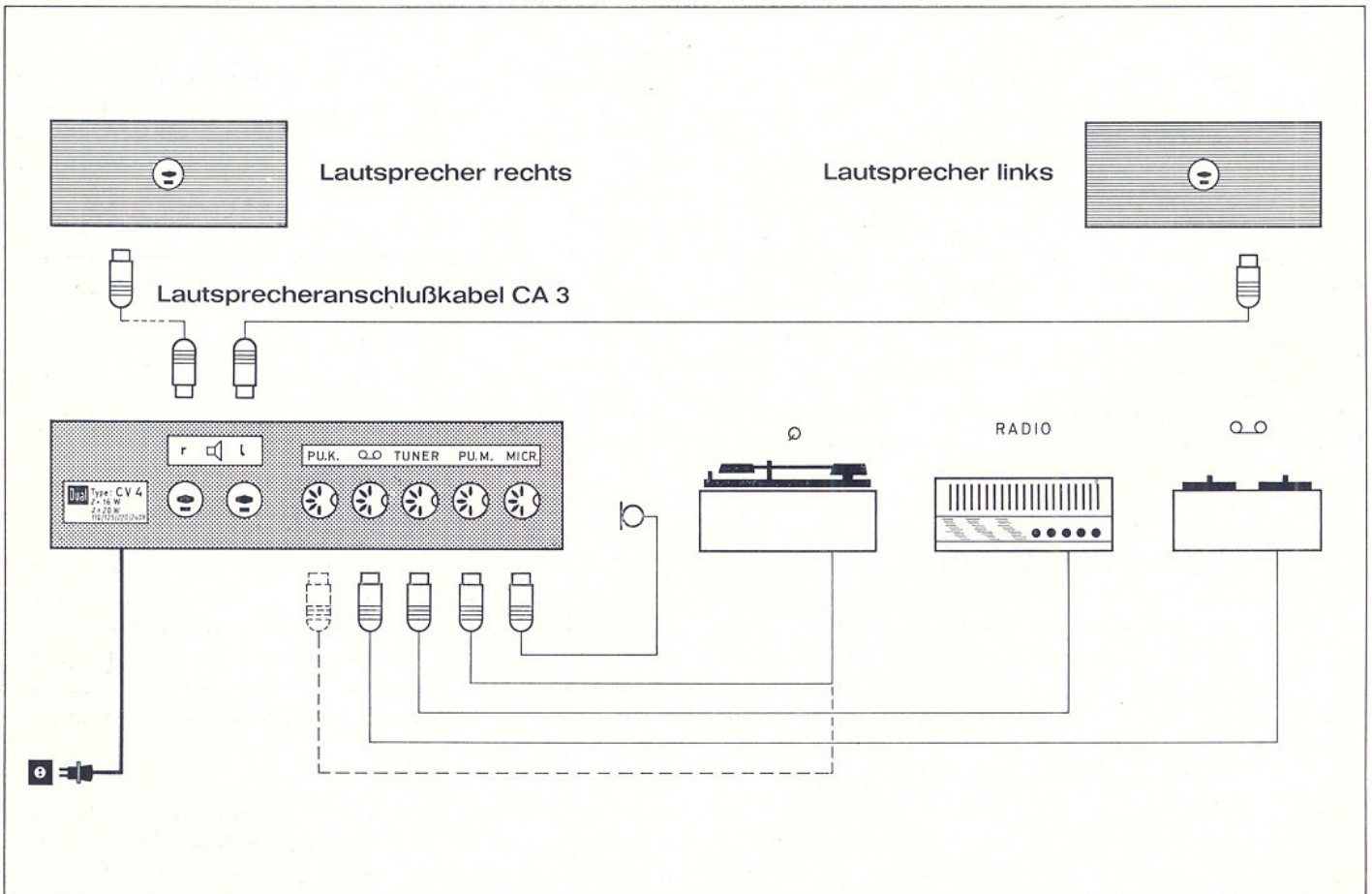


Abb. 87

nicht. Gerade bei nichtstationären musikalischen Vorgängen in der Stereo-Technik treten ausgeprägte Richtungseffekte auf, die aber durch den Nachhall und unsymmetrische Reflexion des Wiedergaberaumes erheblich gestört werden können. Deshalb sollte auch der Hörer-Abstand von den Lautsprechern nicht zu weit sein, da nur in der Nähe des Lautsprechers die für den Richtungseindruck verantwortlichen primären Schallwellen überwiegen.

Weiterhin ist es aus folgenden Gründen auch nicht zu empfehlen, die Lautsprecherboxen allzu hoch aufzustellen: Der

stereophone Mitteneindruck von zwei gleichphasigen Lautsprechern liegt nicht genau auf der Verbindungslinie zwischen den Lautsprechern, sondern etwas darüber. Dieser Elevationseffekt ist bei großen Abständen zu den Lautsprechern klein, aber schon bei einem symmetrischen Winkel von  $45^\circ$  zu den beiden Lautsprechern beträgt diese Verschiebung  $40^\circ$  nach oben und wird bei etwa  $90^\circ$  beim Abhören auf der Verbindungslinie selbst. (Dieser Elevationseffekt könnte auch eine Erklärung dafür sein, daß sich stereophone Klangbilder bei Kopfhörerbetrieb immer in einem Bogen über den Kopf verteilen!)

## Koffer-Stereoanlagen und Heimgeräte

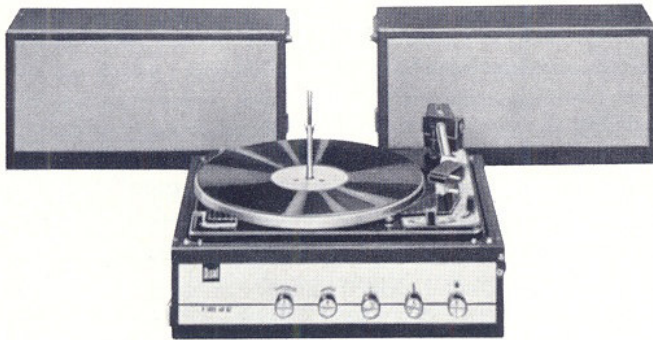


Abb. 88 Moderne Dual-Koffer-Stereoanlage

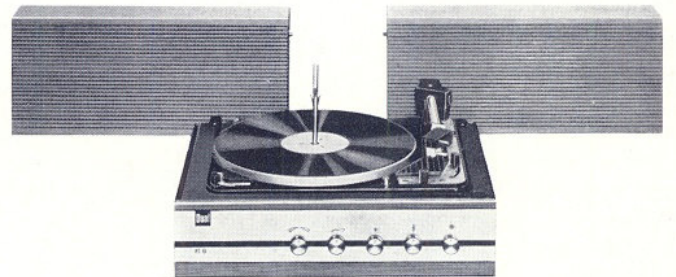


Abb. 89 Dual-Stereo-Heimgerät mit zwei aufsetzbaren Lautsprechergehäusen

Nach Kenntnis der auf vorstehenden Seiten besprochenen Probleme einer befriedigenden und allen Teilen gerecht werdenden HiFi-Stereo-Wiedergabe, könnte man mit Recht fragen: Ist eine gute, vollwertige Stereo-Wiedergabe über eine Kofferapparatur überhaupt möglich? Dieses ist eindeutig zu bejahen, da die Wiedergabe stereophoner Musikdarbietungen durchaus nicht nur in großen Räumen mit dementsprechend aufwendigen Apparaturen durchgeführt zu werden braucht. Eine gute stereophone Wiedergabe ist praktisch in jedem Raum möglich, da eine elektrisch und akustisch sorgfältig durchkonstruierte stereophone Wiedergabeanlage in der Lage ist, die räumliche Begrenzung des Wiedergaberaumes zu ignorieren und ein Klangbild abzustrahlen, bei dem durch einen erheblichen akustischen Gewinn an räumlicher Tiefe der Eindruck entstehen kann, sich in einem Raum zu befinden, der wesentlich größer ist und sich damit auch den Gegebenheiten der Orchesteraufstellung bzw. des Aufnahmeortes nähert. Auch bei geringerer Lautsprecherbasis in kleineren Räumen kann diese Erscheinung als eine der wesentlichen Kennzeichen der Stereophonie noch wahrgenommen werden. Die einzelnen Klangkörper lassen sich nicht nur einwandfrei orten, die Illusion des vergrößerten Wiedergaberaumes bleibt auch hier erhalten. Das trifft auch für die Stereo-Wiedergabe über Koffergeräte zu.

Die richtige Entfernung des Hörers von der Verbindungslinie zwischen den Lautsprechern ist für einen optimalen Eindruck bei verringerter Basisbreite sehr wichtig. Diese

Entfernung hängt grundsätzlich von der Basisbreite — dem Abstand der beiden Lautsprecher voneinander — ab (siehe Seite 40). Bei der Aufstellung der Lautsprechergehäuse wird man bemüht sein, die Basis möglichst der Ausdehnung des Original-Schallereignisses zu nähern, d. h. maximal die ganze Zimmerbreite auszunutzen. Trotz dieser Verbreiterung muß bei der Stereowiedergabe auch in der Mittelzone eine Ordnung möglich sein. Ist in der Mitte ein akustisches Loch (ein Bereich, aus dem man nichts wahrnimmt), prüfe man die Anlage zunächst mit einer Mono-Schallplatte. Wenn jetzt die Abstrahlung nicht eindeutig aus der Mitte zwischen den beiden Lautsprechern zu kommen scheint, müssen alle die auf den vorstehenden Seiten beschriebenen Grundbedingungen einer einwandfreien Stereowiedergabe kritisch untersucht und gegebenenfalls korrigiert werden.

Kann die Lautsprecherbasis aus räumlichen Gründen nur gering sein, muß sich der Hörer dem Lautsprecher entsprechend nähern. Solange die Forderung: Hörerentfernung von der Verbindungslinie der Lautsprecher = Entfernung der Lautsprecher voneinander eingehalten wird, kann auf der Mittelachse zwischen den Lautsprechern eine gute stereophone Wiedergabe wahrgenommen werden.

Dual-Stereo-Phonokoffer und Heimgeräte entsprechen weitgehend den Forderungen einer vollwertigen Stereowiedergabe. Sie sind durch sorgfältige Auswahl hochwertiger Bauteile außergewöhnlich betriebssicher und passen sich durch ihre zeitlos elegante Form jeder Geschmacksrichtung an.

## Stereophonie mit eigenen Mitteln

Die auf den Seiten 39 und 40 aufgestellten Forderungen für die Erzielung echter stereophoner Wiedergabe gelten dem Idealfall, der nicht immer zu verwirklichen sein wird. Meist werden beschränkte bzw. weniger geeignete Raumverhältnisse sowie vorhandene Geräte, von denen man sich nicht trennen möchte, zu Kompromissen zwingen. Besonders die Forderung nach akustisch völlig gleichwertigen Übertragungskanälen wird in solchen Fällen nur schwer realisierbar sein. Häufig ist gerade das Vorhandensein guter einkanali-ger Phonogeräte ausschlaggebend für die Ablehnung einer umfangreichen Neuanschaffung.

Man braucht jedoch auch bei beschränkten Platzverhältnissen und finanziellen Möglichkeiten nicht auf die Nutzung des Fortschritts in der Phontechnik zu verzichten, wenn man sich mit verminderter Wiedergabequalität begnügt. Grundsätzliche Voraussetzung ist jedoch in jedem Fall ein Stereo-Plattenabspielgerät. Wie auf den Seiten 22 und 23 näher ausgeführt, ist es nicht ratsam, einen bereits vorhandenen monauralen Plattenspieler lediglich durch Einbau eines Stereo-Tonabnehmersystems umzurüsten. Die An-

schaffung eines modernen Plattenspielers, der schon in seiner Grundkonstruktion alle Belange einer weitgehend störungs- und einwandfreien Stereowiedergabe berücksichtigt, ist in jedem Fall zu empfehlen, zumal die Kosten für eine Umrüstung beträchtlich sein können, wenn sie überhaupt durchgeführt wird.

Nachstehend sind einige Vorschläge skizziert, wie mit relativ einfachen Mitteln unter Verwendung vorhandener Übertragungsglieder bzw. moderner Phonokoffer mit verhältnismäßig geringem Aufwand ganz brauchbare Ergebnisse erzielt werden können, vorausgesetzt, daß die auf den vorhergehenden Seiten aufgestellten Grundregeln der Stereo-Technik beachtet werden. Wenn auch derartige Kombinationen nicht als Stereo-HiFi-Kombinationen bezeichnet werden können, gewähren sie jedoch, im Verhältnis zu dem zusätzlich erforderlichen Aufwand für den 2. Kanal, einen weitaus größeren Gewinn an Musikerleben, als es die Benutzung nach zwar bewährter, aber wiedergabeteknisch überholter Weise ermöglicht.

## Stereo-Plattenspieler oder -Plattenwechsler mit zwei Rundfunkgeräten



Abb. 90

Die beiden Kanäle des Stereo-Plattenspielers werden den NF-Eingängen der Rundfunkempfänger zugeführt. Lautstärke und Klangfarbe der beiden Verstärkerkanäle müssen zunächst im Monobetrieb gleichwertig eingestellt werden. Balanceausgleich bei Stereobetrieb ist durch Regeln des betreffenden Lautstärkereglers möglich. Die Aufteilung des Tonabnehmer-Anschlußkabels ist nach den Hinweisen auf den Seiten 37 und 38 durchzuführen. Auf gleiche Leitungslängen achten!

## Verstärkerkoffer mit Stereo-Phonogerät und Rundfunkempfänger



Abb. 91

Hier ist in einem monauralen Verstärkerkoffer ein Stereo-Phonogerät eingebaut. Der rechte Kanal wird vom Rundfunkgerät verstärkt und abgestrahlt. Der linke Kanal über den Kofferverstärker und separaten Lautsprecher. Auch hier ist nur eine getrennte Lautstärke- und Klangregelung möglich.

## Phonokoffer mit Stereo-Laufwerk, Stereo-Verstärker und getrennten Lautsprechern



Abb. 92

Die in Abb. 92 dargestellte Kombination ist eine komplette tragbare Stereoanlage. Eine derartige Phonoapparatur kann eine Stereowiedergabe bereits in einem hohen Grad von High Fidelity ermöglichen, da die einzelnen Bauteile in einer zusammengefaßten Einheit günstig aufeinander abgestimmt werden können. Das gilt insbesondere für den Verstärker, der in seinem Frequenzgang optimal an das Tonabnehmersystem und den vorgesehenen Lautsprecher einschließlich Lautsprechergehäuse angepaßt werden kann. Weiterhin kann durch die gemeinsame Unterbringung von Stereoverstärker und Laufwerk in einem Koffergehäuse der Platzbedarf sehr klein gehalten werden. Die Bedienung ist – bei vielseitigen Aufstellungsmöglichkeiten – sehr bequem durchführbar. Lautstärke und Klangfarbe können für beide Kanäle gemeinsam geregelt werden. Zusätzlich ist noch ein Balanceregler vorhanden (siehe auch Seite 43).

Bei der Wahl eines Stereo-Plattenspielers wäre zu überlegen, ob man sich, durch die Anschaffung eines hochwertigen Laufwerkes mit Magnetsystem, die Möglichkeit vorbehalten sollte, die Anlage später einmal durch die Anschaffung hochwertiger Verstärker und Lautsprecher auf einen HiFi-Qualitätsstand zu erweitern, oder bei der Kompromißlösung zu bleiben beabsichtigt. Bei Verwendung eines preisgünstigen Kristallsystems wird man jeden handelsüblichen Phonoverstärker – wie etwa die NF-Stufen eines Rundfunkgerätes – voll aussteuern können. Für die ausreichende Verstärkung der von einem Magnetsystem gelieferten Spannung ist jedoch ein Entzerrer-Vorverstärker erforderlich, wenn man als Endverstärker ein Rundfunkgerät verwenden will (siehe Seite 34). Es gibt eine Anzahl moderner Rundfunkgeräte, die bereits mit einem zweiten NF-Kanal ausgerüstet sind. Mit einem derartigen Gerät und einem Stereo-Plattenspieler ist dann die Wiedergabe stereophoner Schallplatten besonders einfach.

Das Problem einer behelfsmäßigen Lösung mit vorhandenen monauralen Geräten besteht im wesentlichen aus der Forderung, für beide Kanäle gleichwertige Verstärker und Lautsprecher zu kombinieren.

## Lautsprecherprobleme und Ratschläge für die Zusammenstellung einer Lautsprecher-Kombination

Der Lautsprecher oder die Lautsprecher-Kombination ist das letzte Glied der elektroakustischen Übertragungskette. Seine Qualität entscheidet in den meisten Fällen die Übertragungsgüte.

Es gibt heute im Handel bereits eine größere Auswahl hochwertiger Lautsprecherkombinationen, die den Wünschen des an HiFi interessierten Publikums in Ausführung und Preis weitgehend entgegenkommen. Wer eine HiFi-Stereoanlage zusammenstellt, steht zunächst vor dem Problem »Wohin mit den Lautsprechern?« Es kommt dann häufig vor, daß man – wenn man auf eine Anlage mit getrennten Lautsprechern nicht verzichten will – sich den räumlichen Gegebenheiten durch besondere Unterbringungsmöglichkeiten mit meistens dann erforderlicher Sonderkonstruktion anpassen muß. Der besonders kompakte Dual CL 7 kann fast immer unauffällig und dabei akustisch richtig aufgestellt werden.

Was bei einer Eigenkonstruktion für Probleme zu berücksichtigen sind, sollen die folgenden Überlegungen andeuten. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Abstrahlung der tiefen Frequenzen unterhalb etwa 80 Hz, da hierzu große Membranamplituden bei großen Membrandurchmessern erforderlich sind. Konstante Leistungen abzustrahlen ist in diesen Frequenzbereichen außerordentlich schwierig, da man den Membrandurchmesser nicht beliebig groß machen kann. Um die Schallabstrahlung möglichst auch auf die tiefsten Töne ausdehnen zu können, sind Lautsprecher mit tiefen Eigenresonanzen erforderlich. Die Resonanzfrequenz wird durch die Abmessungen von Membrane und Schwing-spule sowie durch die Art der Aufhängung und Zentrierung bestimmt. Gute, gleichzeitig preiswerte Tieftonlautsprecher mit ca. 25–30 cm Membrandurchmesser weisen eine Eigenresonanz zwischen 40–60 Hz auf. Tiefere Eigenresonanzen können nur durch Sonderkonstruktionen erreicht werden. Sie sind entsprechend teuer und können – da sie ausschließlich in tiefen Frequenzbereichen exakt abstrahlen und deshalb über eine Tieftonweiche gespeist werden – nur in Verbindung mit Mittel- und Hochtonlautsprechern verwandt werden. In Leder oder Schaumgummi gefaßte Lautsprechermembranen haben zwar eine besonders tiefe Eigenresonanz, aber lange Ein- und Ausschwingzeiten, die mit denen der Originalinstrumente nicht immer übereinstimmen, wodurch sich erhebliche Klangverfälschungen ergeben können, insbesondere dann, wenn sie zur Abstrahlung des ganzen Frequenzbereiches herangezogen werden. Ein idealer Lautsprecher müßte alle ihm zugeführten elektrischen Schwingungen gleichmäßig in Schall abstrahlen. Er müßte die tiefsten hörbaren Frequenzen (ca. 16 Hz) genau so behandeln wie die höchsten bei ca. 16 000 Hz. Da die Amplituden der schwingenden Membrane sich umgekehrt proportional zum Quadrat der abgestrahlten Frequenzen verhalten, ist dieses mit den handelsüblichen Lautsprechern nicht erreichbar.

Originalgetreue Wiedergabe mit nur einem Lautsprecher läßt sich nur dann erreichen, wenn die Lautsprechermembran nicht unterteilt schwingt. Das ist gewährleistet, solange die Wellenlänge größer ist als der doppelte Durchmesser des Lautsprechers. Die an der Abstrahlung beteiligten Membranbereiche schwingen für relativ eng benachbarte Frequenzen teils gleichphasig, teils gegen-

phasig, so daß der Frequenzgang eine Reihe von Resonanzüberhöhungen bzw. -einbrüchen aufweist. Man verteilt

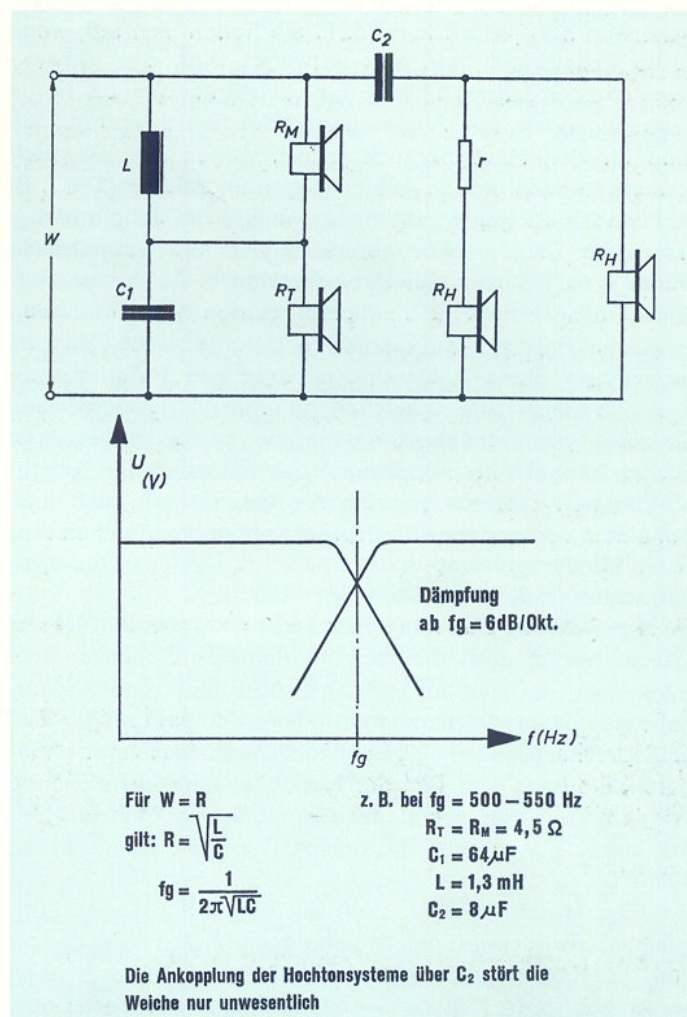


Abb. 93 Beispiel einer Lautsprecher-Kombination mit Tief-, Mittel- und Hochtonsystemen für einen Stereo-Kanal bei Anschaltung über einer Boucherotweiche

darum die Abstrahlung des gesamten Frequenzbereiches über entsprechende Weichen auf separate Tief-, Mittel- und Hochtonlautsprecher. Eine derartige bewährte Lautsprecher-Kombination zeigt Abb. 93. Sie ist für jeden Kanal vorzusehen.

Die Dimensionierung der Ankopplungsglieder ist so bemessen, daß der Tieftonlautsprecher  $R_T$  nur Frequenzen bis ca. 500 Hz abstrahlt. Der Mitteltonlautsprecher  $R_M$  arbeitet ab 500 Hz und die beiden Hochtöner  $R_H$  ab ca. 4 kHz. Dadurch erhält man eine verzerrungsfreiere Wiedergabe, da Überlastungen sowie gegenseitige Modulationen zwischen hohen und tiefen Tönen nicht auftreten können.

Der Kondensator  $C_2$  begrenzt den Wiedergabebereich der Hochtonlautsprecher nach unten, er hält somit die tiefen Frequenzen vom Hochtöner fern. Die maximale Belastbarkeit der Kombination bestimmt deshalb ausschließlich der Tieftonlautsprecher. Die Nennleistung eines Lautsprechers wird für die Vollaussteuerung mit Sinustönen angegeben, so daß mit einem Frequenzgemisch – Sprache und Musik – der Lautsprecher wesentlich höher belastet werden kann. Man muß zwischen der theoretisch erwünschten Schallabstrahlung und den Abstrahlungsmöglichkeiten gewisse Kompromisse schließen. Der Lautsprecher – den man ja aus ganz bestimmten Gründen in einem Holzgehäuse unter-

bringt – wirkt als Schallquelle für tiefe und mittlere Frequenzen sowohl an der Vorder- als auch an der Rückseite. Die bei diesen Bewegungen erzeugten Luftschwingungen schließen sich jedoch kurz, d. h. sie heben sich auf, wenn keine Schallwand bzw. Box verwandt wird. Bei Verwendung einer Schallwand hängt der Lautstärkeabfall bei tiefen Frequenzen von den Abmessungen der Schallwand ab. Sie sind für den Hausgebrauch jedoch wegen der akustisch anzustrebenden großen Abmessungen unpraktisch. Um z. B. 60 Hz noch abstrahlen zu können, müßte die Schallwand – wenn der Lautsprecher genau in der Mitte angebracht würde – ca. 2,8 m im Quadrat aufweisen.

Gute Lautsprecher-Kombinationen werden heute durchweg in genau berechneten Gehäusen untergebracht. Man ist gezwungen, diese – für eine naturgetreue Tiefenabstrahlung – ziemlich groß zu machen, da in einem geschlossenen Gehäuse die Resonanzfrequenz bis zu einer gewissen Grenze umgekehrt proportional dem Quadrat des eingeschlossenen Luftvolumens ist. Als Faustformel kann man bei einem vorhandenen Lautsprecher-Membrandurchmesser  $D$  ein Mindestgehäuse-Volumen  $V = (2 D)^3$  für erforderlich betrachten (z. B.  $D = 2,5 \text{ dm} \Rightarrow V = 125 \text{ ltr.}$ ).

Da die Gehäuse danach jedoch recht groß werden, ist der Wunsch verständlich, dennoch mit kleineren Gehäusen auszukommen, die auch für HiFi-Ansprüche eine gute Wiedergabe der Bässe gewährleisten. So werden seit einiger Zeit Lautsprecherboxen mit kleinen Gehäuseabmessungen angeboten, die nach Angaben der Hersteller eine ausreichende Wiedergabe tiefer Frequenzen ermöglichen. Man verwendet hierzu ein allseits abgeschlossenes, mit Dämmstoffen ausgefülltes Gehäuse, welches einer unendlich großen Schallwand gleichkommt. Weil ein eingeschlossenes Luftvolumen die rückwärtigen Membranamplituden stark dämpft und die Resonanzfrequenz des Lautsprechers nach oben verschiebt, müssen jedoch – bei Erhöhung der Verstärkerleistung – extrem tief abgestimmte Lautsprecher (ca. 20–25 Hz) eingebaut werden.

Die Richtwirkung der verwendeten Lautsprecher ist von entscheidender Wichtigkeit (s. Abb. 95). Grundsätzlich hat jeder Lautsprecher eine mit steigender Frequenz zunehmende Richtwirkung. Je höher die Frequenz, desto stärker wird die Abstrahlung gebündelt. Dadurch wird auch die Wiedergabequalität in den hohen Tonlagen stark beeinflusst. Die Abstrahleigenschaften der Tieftonlautsprecher werden davon

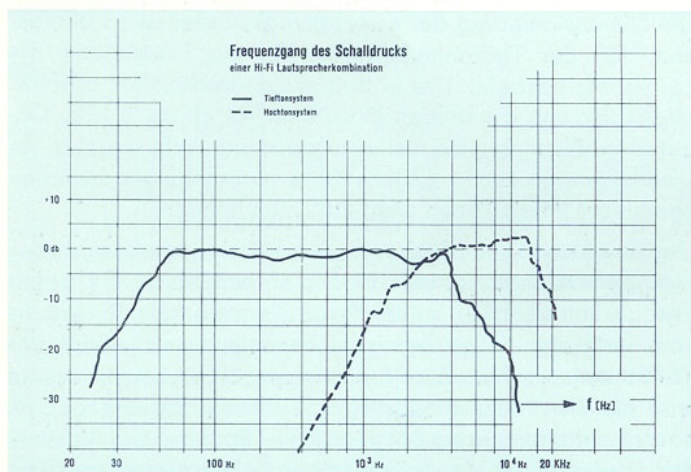


Abb. 94 Frequenzgang einer HiFi-Lautsprecherkombination nicht betroffen, deshalb kann man sie auch in beliebiger Höhe der Schallwand anbringen. Bei den Hochtonsystemen macht sich eine Richtcharakteristik jedoch in erheblichem

Maße nachteilig bemerkbar. Ein außerhalb der Abstrahlungsrichtung befindlicher Hörer hört die hohen Frequenzen immer schlechter als der Hörer auf der Lautsprecherachse. Aus diesem Grund ist zu empfehlen, pro Kanal 2 Hochtonsysteme zu verwenden, die in ihrer geometrischen Anordnung so aufgestellt werden, daß eine möglichst breite Basis gleichmäßig beschallt wird, wobei jedoch die zugeführte elektrische Leistung so abgestuft sein muß, daß über die Basisbreite keine Zonen erhöhter Schalleistung auftreten.

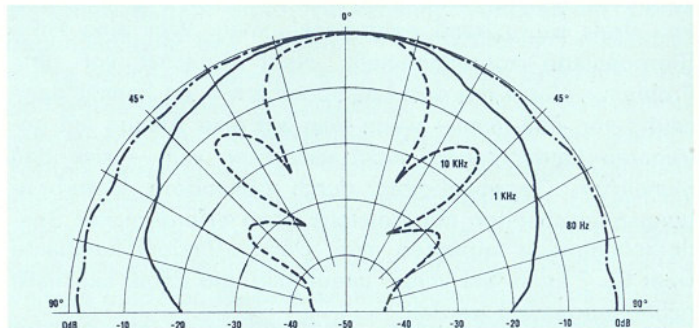


Abb. 95 Frequenzabhängige Abstrahlcharakteristik eines Lautsprechers

Aus diesem Grund erhielt im Schaltbild der Abbildung 93 der zweite Hochtoner – der unter 45° nach innen (zur Verbindungslinie zwischen beiden Lautsprechergruppen) abstrahlt – keinen Vorwiderstand. Die beiden äußeren Hochtoner werden über je einen 3-Ω-Widerstand angeschlossen. Durch diese Maßnahme wird eine Verbesserung der Raumpunktunabhängigkeit für die Ortung bei hohen Frequenzen erreicht. Selbstverständlich kann man die Anzahl der Lautsprecher pro Kanal beliebig festlegen, solange – unter Beachtung des Obengesagten – die Anpassung an die Endstufe und die Leistung derselben es gestatten. Je nach den Erfordernissen der zu beschallenden Räume lassen sich Lautsprechergruppen zusammenstellen, die im Frequenzgang und der Richtwirkung keine Wünsche offenlassen.

Während das Vorhergesagte im wesentlichen für Stereoanlagen mit voneinander getrennt aufgestellten Lautsprechern gilt, soll nicht unerwähnt bleiben, daß sich auch mit Musikmöbeln, in denen die Stereoanlage komplett eingebaut ist, befriedigende Stereo-Wiedergabe erzielen läßt. Da es über den Rahmen eines üblichen Möbels weit hinausgeht, wolle man die Lautsprecher auf einer Basis von ca. 2 m anordnen, hat man beispielsweise bei den Stereo-Musikschränken die Lautsprecher so untergebracht, daß sie seitlich abstrahlen und über die Raumreflektion die Basis vergrößert erscheinen lassen. Bei vielen Stereotruhen besteht die Möglichkeit, getrennt aufzustellende Hochton-Zusatzlautsprecher anzuschließen, so daß man dadurch eine Basis erzielt, die über die Abmessungen der Truhe hinausgeht. Wie und wo man diese Zusatzlautsprecher räumlich anordnen muß, um einen optimalen Effekt zu erreichen, hängt stark von den Gegebenheiten des Wiedergaberaumes ab und wird zweckmäßigerweise durch Versuche ermittelt. Gleichgültig, ob eine Stereo-Musiktruhe oder eine Stereoanlage mit getrennten Lautsprecherboxen verwandt wird, ist es unumgänglich, die Anlage vor der endgültigen Aufstellung bzw. Installation akustisch auf die vorstehend geschilderten Belange zu überprüfen, da der Wiedergaberaum mit seinen besonderen akustischen Verhältnissen entscheidend in die Übertragungsqualität eingeht und es durchaus möglich ist, daß die gleiche Anlage, die in einem Raum als gut bezeichnet wurde, in einem anderen Raum nicht befriedigt.

## Zur Frage des Hörtests

Das letzte und wohl entscheidendste Urteil über eine Wiedergabeanlage fällt jedoch unser Ohr, da es eine ganze Anzahl akustischer Bewertungsfaktoren gibt, die mit objektiven Meßmethoden nicht zu erfassen sind. Bei der Beurteilung der Wiedergabe-Qualität einer Phonoanlage erweist es sich als wesentlicher Nachteil, daß ein unmittelbarer Vergleich mit dem Originalklang nicht möglich ist. Eine richtige Beurteilung erfordert deshalb eine sehr gute Vorstellung von den reproduzierten Klangbildern, die jedoch im allgemeinen von „Nur-Technikern“ nicht erwartet werden kann. Aber auch von Musikern ist nur sehr schwer ein klares Urteil zu erhalten, da sie nicht gewohnt sind, auf die technischen Eigenschaften der Wiedergabe (z. B. Verzerrungen) zu achten, sondern ihre Aufmerksamkeit auf den musikalischen Inhalt der Reproduktion konzentrieren. Der Techniker wird sich vom Zauber der Akkorde und Melodien weniger beeinflussen lassen, aber häufig etwas im Klang suchen, was da nun wirklich nicht hingehört. Infolge des Fehlens einer direkten Vergleichsmöglichkeit ist es beispielsweise sehr schwierig, die Frage zu beantworten, ob der Lautsprecher in seinem linearen Verhalten richtig ausgewogen ist, d. h. ob die Energieanteile der hohen Töne ab etwa 4 kHz im richtigen Verhältnis zu den Energieanteilen der Töne etwa unterhalb 500 Hz stehen, oder ob der mittlere Tonbereich gegenüber den Randbereichen bevorzugt oder benachteiligt wird. Es hat sich bei zahlreichen akustischen Vergleichen gezeigt, daß derartige Gleichgewichtsverschiebungen in den Übertragungseigenschaften mit einem sehr großen Gewicht in die Reproduktion eingehen, und fast immer war es so, daß die Meinungsverschiedenheiten bei mehreren Hörern durch unterschiedliche Auffassungen über das Zuviel oder Zuwenig an Höhen oder Tiefen bedingt waren. Es gibt jedoch noch verschiedene andere Faktoren, die das Urteil beeinflussen können. So ist es beispielsweise von Bedeutung, ob man weiß, daß die Anlage viel oder wenig gekostet hat, ob der Lautsprecher in einem gefälligen Gehäuse sitzt und nicht zuletzt, ob die Apparatur im Vergleich mit anderen Ausführungen angehört wird. Werden verschiedene Anlagen vergleichsweise abgehört, so ist es — insbesondere bei der Beurteilung der Lautsprecher — leicht möglich, durch richtige Auswahl der Klangbilder einen Lautsprecher in seiner Klangtreue einem Vergleichs-Lautsprecher gegenüber als besser erscheinen zu lassen, indem man Klangbilder verwendet, deren Hauptenergieanteile in dem Bereich der guten Übertragungseigenschaften desjenigen Lautsprechers liegen, den man als besser beurteilt haben möchte. Wird beispielsweise das Klangbild einer Geige reproduziert, so kann dieses gegenüber dem wirklichen Original infolge des Frequenzganges des Lautsprechers und der Wiedergabeanlage einige Änderungen erfahren haben. Es ist jedoch durchaus denkbar, daß eine andere Geige im Original gerade das Klangbild besitzt, wie es die Reproduktion aufweist. Subjektive Unterscheidungen im Klangbild werden sich nicht vermeiden lassen und es ist gut, daß es so ist. Trotzdem muß man schon ein beträchtliches Maß an Hörerfahrung und gesunder Selbstkritik aufweisen, um eine Schallplatten-Wiedergabeanlage akustisch beurteilen zu können, denn akustische Eindrücke lassen sich als flüchtige Erscheinungen nicht normieren. In der Praxis der Stereo-Demonstrationen werden die Anlagen sehr oft mit großer Lautstärke betrieben, deshalb wird beim Publikum angenommen, eine Stereowiedergabe müsse lauter als eine monaurale Wiedergabe sein. Das ist jedoch nicht der Fall. Lautstärke sollte man nicht mit Wiedergabequalität verwechseln.

So eindrucksvoll eine große Lautstärke sein kann, in der normalen Mietwohnung wird man sich in der Regel mit

normaler Zimmerlautstärke begnügen müssen. Aber auch bei geringer Lautstärke kann eine richtig dimensionierte Stereoanlage eine gute Stereo-Wiedergabe vermitteln. Wichtig ist dabei, daß sich der — zur Berücksichtigung der bei geringen Lautstärken im Einfluß zunehmenden frequenzabhängigen Ohrempfindlichkeit — Höhen- und Tiefenanteil selbständig mit der Lautstärkeregelung an die Wiedergabelautstärke anpaßt. Die in den Wiedergabeverstärkern mehr oder weniger sorgfältig dimensionierte physiologische Lautstärkeregelung hebt mit verringerter Lautstärke die Tiefen stark an. Bei einer Lautstärke von ca. 60 phon (mittlere Zimmerlautstärke) muß diese Anhebung bei 30 Hz bezogen auf  $10^3$  Hz immerhin 20fach sein!

Trotz der physiologischen Lautstärkeregelung kann es — gerade bei in kleinen Räumen betriebenen Verstärkern mit großer Endleistung und großen Lautsprecherboxen — vorkommen, daß der Klang bei Zimmerlautstärke unbefriedigend ist. Das kann dann sowohl an der Verstärker- wie auch an der Lautsprecherdimensionierung liegen. Je größer der Unterschied zwischen der minimalen und maximalen Lautstärke, mit der man eine Anlage jeweils betreibt, desto kritischer ist die richtige Dimensionierung und Anpassung von Verstärker und Lautsprecher. Die Beurteilung einer Stereo-Wiedergabeanlage bei geringer Lautstärke sollte daher nicht versäumt werden.

Nicht ohne Einfluß ist außerdem die mit zunehmendem Lebensalter abnehmende Ohrempfindlichkeit für hohe Töne. Vom 20. bis zum 60. Lebensjahr sinkt sie beispielsweise bei 8000 Hz um 32 dB, also um den Faktor 40! Nun ist es nicht für jeden wichtig zu wissen, eine perfekte Wiedergabeanlage zu haben. Eine Anlage erfüllt voll ihren Zweck, wenn der Besitzer mit der akustischen Wiedergabe zufrieden ist, wobei natürlich der Inhalt der Reproduktion — die mit einer bestimmten Anlage wiedergegeben werden soll — eine gewisse Rolle spielt. Ein Konzert für Klavier und Orchester wird an die Anlage höhere Ansprüche stellen, als rhythmische Schlagermusik. Dynamik und Frequenzumfang der Aufzeichnung entsprechen bei letzterer keineswegs den technischen Möglichkeiten, und vielfach wird die Güte einer Wiedergabeanlage erst durch eine anspruchsvolle Schallplatte offensichtlich. Wie weit die Qualität einer Anlage ausreicht, derartige Schallplatten originalgetreu wiederzugeben, läßt sich mit geeigneten Musikplatten leicht feststellen. Der Frequenzumfang guter Schallplatten ist bei hervorragender Dynamik und Verzerrungsfreiheit oft erstaunlich, und Abtaster, Verstärker und Lautsprecher müssen schon eine erhebliche Qualität aufweisen, wenn sie diesen Inhalt voll ausschöpfen sollen.

## Meß- und Prüfplatten

In der Aufstellung „Meßplatten“ werden die — für die wichtigsten Messungen an Tonabnehmern und Laufwerken benötigten — Meßplatten aufgeführt. Diese Platten sind nach den Normvorschriften der Phono-Industrie hergestellt und erfordern zur Bildung objektiver Meßwerte die genaue Berücksichtigung der jeweiligen Meßvorschriften. Diese Meßvorschriften sind als Beilageblätter den Meßplatten beigelegt. Nähere Angaben erhalten Sie von der Schallplatten-Industrie.

Unter der Rubrik „Empfehlenswerte Prüfplatten für Musiktests“ sind aus der Vielzahl des Angebotes einige besonders geeignete Schallplatten — unter Angabe der speziellen akustischen Wirkung — aufgeführt, mit denen die Leistungsfähigkeit einer Anlage getestet werden kann.

## Meßplatten

Bezeichnung der Meßplatte	Bestell-Nr.	Verwendung	benötigte Meßinstrumente
Frequenz-Meßschallplatte St 33 / M 33	DIN 45 541*	Zur Überprüfung des Frequenzganges	Röhrenvoltmeter Oszillograph
Verzerrungs-Meßschallplatte St 33 und St 45	DIN 45 542*	Zur Bestimmung der Klirr- und Intermodulationsverzerrungen der Anlage  Zur Prüfung des vertikalen Spurfehwinkels	Klirrfaktor bzw. Intermodulationsmeßgerät  Tonhöhenchwankungsmesser nach DIN 45 507
Übersprech-Meßschallplatte	DIN 45 543*	Zur Prüfung der Übersprechdämpfung	
Rumpel-Meßschallplatte St 33 / M 33	DIN 45 544*	Für Rumpelmessungen des Laufwerkes	Rumpelstörspannungsmeßgerät (RUMS 2, Lindström) oder Rumpelfilter nach NARTB, Röhrenvoltmeter
Meßplatte für Gleichlaufschwankungen	DIN 45 545*	Zur Überprüfung der Gleichlauf-eigenschaften des Laufwerkes	Tonhöhenchwankungsmeßgerät (z. B. EMT 418 A bzw. EMT 420 A)
Meßplatte für Stereo-Monopegel	DG 99 103	Zur Bestimmung der Regelverhältnisse bei Vollaussteuerung 1000 Hz, bei Flanken- und Seitenschrift	Röhrenvoltmeter Oszillograph

Für Messungen auf Laufwerken, die nur die Abtastung 17-cm-Platten (45 UpM) gestatten, stehen u. a. folgende Meßplatten zur Verfügung:

\* Beuth-Vertrieb GmbH  
5000 Köln, Friesenplatz 16  
1000 Berlin 15, Umlandstr. 75

Schneidkennlinie: 3180, 318, 50 $\mu$ s	DG 22943	—	Zur Prüfung des Frequenzganges von Abtaster und Wiedergabeanlage	Röhrenvoltmeter Oszillograph
Meßschallplatte für Gleichlaufschwankungen	DG 22943 (5000 Hz) DG 22944 (3000 Hz)	—	Zur Überprüfung der Gleichlauf-eigenschaften des Laufwerkes bei 45 UpM	Tonhöhenchwankungsmeßgerät
Schallplatte zur Erprobung und Einstellung von Plattenwechslern	DG 22941	—	Zur Überprüfung des Laufwerkwechsel- und -abschaltmechanismus	—

Zur akustischen Überprüfung der gesamten Wiedergabeanlage eignen sich nachstehend aufgeführte HiFi- und Stereo-Demonstrationsplatten. Meßgeräte sind hierbei nicht

erforderlich. Die einzelnen Prüfungen (Seitenrichtigkeit, Phasenlage usw.) werden vor dem eigentlichen Test angesagt und erklärt.

Schallplatte zur Prüfung von Stereo-Wiedergabegeräten	—	DG 220495 Telefunken TSt 72363	Zur akustischen Prüfung der Stereoanlage mit kurzem Demonstrationsteil	—
Was ist HiFi?	Orbis KL 4051		Eine akustische Einführung in die Bedeutung eines Schlagwortes	

## Empfehlenswerte Prüfplatten für Musiktests

Titel:	Best.-Nr.	Besondere Merkmale:
Beethoven, Symphonie Nr. 6 Berliner Philharmoniker Herbert von Karajan	DGG Stereo 138 805 Mono 18 805	Die Aufnahme zeichnet sich durch sehr klare Bässe aus (4. Satz). Die Geigen sind weich und verzerrungsfrei. Die Platte ist hervorragend geeignet zur Beurteilung der Baßwiedergabe.
Tschaikowskij, Konzert für Klavier und Orchester Nr. 1 b-Moll op. 23 Svjatoslav Richter und die Wiener Symphoniker Herbert von Karajan	DGG Stereo 138 822 Mono 18 822	Prägnantes, trockenes Klavier mit brillanten, aber nicht scharfen Höhen, die sich auch im Orchesterutti noch klar differenziert abzeichnen. Die Platte stellt hohe Anforderungen an das Tonabnehmersystem.
Zoltan Kadály, Háry-János-Suite Radio-Symphonie-Orchester Berlin Ferenc Fricsay	DGG Stereo 138 828 Mono 18 828	Sehr dynamische Bläser und brillantes Schlagzeug. Mit dieser Platte kann die Verzerrungsanfälligkeit der Wiedergabeanlage gut getestet werden.
Dreaming in Wonderland Bert Kaempfert und sein Orchester	Polydor Stereo 237 598 Mono 46 398	Eine zur Demonstration in jeder Hinsicht zu empfehlende Platte. Sie zeichnet sich durch ein gutes stereophonisches Klangbild aus.
Hazy's Nightclub, Hazy-Osterwald-Sextett	Polydor Stereo 237 529 Mono 46 329	Eine durch die kleine Besetzung sehr durchsichtige Platte mit markanten Klangfarben (Tiefen und Höhen) sowie eine sehr brillante gestopfte Trompete, die nur mit einem einwandfreien Tonabnehmersystem eine brauchbare Wiedergabe ergibt.
Off-Bear-Percussion, Don Lamond and his Orchestra	Command Stereo 298 028	Differenzierte, verzerrungsfreie Aufzeichnungen, außergewöhnlich dynamisches, eindrucksvolles, stereophones Klangbild. Gut geeignet zur Kontrolle der Lautsprecher und Kanaltrennung der Anlage.
Big Band Bosso Nova, Enoch Ligh and his Orchestra	Command Stereo 298 023	

## Erklärung der Fachausdrücke

Adaption:	Mechanisches Anbringen eines Gerätezusatzes
Akustische Rückkopplung:	Rückwirkung des Lautsprechers auf das Tonabnehmersystem durch Luft- oder Körperschall und dadurch Änderung der Verstärkungseigenschaften für bestimmte Frequenzen. Überschreitet die Rückwirkung ein bestimmtes Maß, tritt Selbsterregung auf, die sich durch tieffrequentes Poltern äußert
Amplitude:	Auslenkung, Schwingungsweite
Amplitudenverlauf:	Die Amplituden in Abhängigkeit der Zeit
Balance, elektrisch:	Akustisches Gleichgewicht zwischen den beiden Stereokanälen
mechanisch:	Mechanisches Ausbalancieren des Tonarmes
Aussteuerungs-Kennlinie:	Graphisch aufgezeichnete Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Eingangsspannung
Basis:	Lautsprecherabstand oder auch virtuelle Breite der akustischen Ortung
Binaural:	Binaurales Hören erzielt man durch einen doppelten Übertragungsweg vom Doppelmikrofon – (im Ohrabstand) bis zum Ohr (Kopfhörer)
Box:	Lautsprechergehäuse
Compatibel:	D. h. verträglich, die beiden Kanäle einer Stereoinformation können – wenn die Aufnahme kompatibel ist – ohne Klangeinbuße zu einer vollwertigen Monowiedergabe parallel geschaltet werden
Compliance:	Nachgiebigkeit eines federnd eingespannten Bauteiles
Cynch-Stecker/Buchse:	Eine in den USA übliche einpolige Steckverbindung
dB:	Abkürzende Bezeichnung für ein logarithmisches Verhältnis, z. B. zweier Spannungen, $x = 20 \log. U/u$ [dB]
Dynamik:	Der Bereich wechselnder Lautstärke zwischen Maximum (laut) und Minimum (leise) innerhalb einer akustischen Darbietung
Ein-Auslaufrillen:	Unmodulierte Rillen zu Beginn und Ende einer Schallplatte, zum Teil mit vergrößerter Steigung
Ein-Ausschwingzeit:	Zeit, bis Amplitude auf Maximalwert ein- bzw. auf Minimalwert ausschwingt
Elektroakustischer Wandler:	Bauteil, welches elektrische Schwingungen in akustische Schwingungen umwandelt (oder umgekehrt)
Elevation:	Verschiebung im vertikalen Bereich nach oben
Entzerrer:	Schaltglied zur Korrektur des Frequenzverlaufes eines Übertragungsgliedes
Frequenz:	Schwingungszahl pro Sekunde in Hertz (Hz)
Füllschrift:	Anpassung der Rillenabstände unter Berücksichtigung der jeweiligen Rillenauslenkungen
Frequenzumfang:	Der vorliegende Übertragungsbereich
Gleich/Gegenphasig:	Zeitliche Überein-/Nichtübereinstimmung zweier Amplituden
HF:	Hochfrequenz, das heißt Frequenzen über 100 000 Hz
„heißer“ Anschluß:	Der Punkt einer Schaltung (Bauteil), der gegen Masse (Erde) Spannung führt
Höhen, Tiefen:	Im allgemeinen Sprachgebrauch Ausdruck für hohe und tiefe Töne
Intermodulation:	Das Entstehen von Frequenzen in einem Übertragungsglied, die im Klangbild ursprünglich nicht vorhanden waren (Summen- und Differenzöne), mit erheblichen Verzerrungseigenschaften
Klirrfaktor:	Maß für die in einem Übertragungsglied (oder mehreren) entstandenen harmonischen Verzerrungen
Kristallachse:	Man unterscheidet zwischen den optischen, elektrischen und geometrischen Achsen in Kristallen. Nach diesen muß man sich beim Zerschneiden orientieren, um z. B. einen optimalen piezoelektrischen Effekt zu erreichen
Kurvenform:	Verlauf der Amplitude bei einer Wechselfrequenz
Longitudinalwelle:	In Ausbreitungsrichtung fortlaufende Druckschwankung
Masse:	Ein Leitungs- bzw. Bauteilverbindungspunkt in einer elektronischen Schaltung, der als Nullpotential gilt und meist mit dem Chassis verbunden ist. (Nicht zu verwechseln mit der physikalischen Masse!)
Modulation:	Modulieren $\hat{=}$ etwas zuordnen oder einprägen, z. B. einer Schallrinne Auslenkungen im Takt der Tonfrequenz
Monaural:	Übertragung des Klangereignisses durch einen Wiedergabekanal
Multiplex:	Bezeichnung eines Modulationsproduktes aus der HF-Stereo-Technik
Mu-Metall:	Magnetisch hochwertiges Material; dient u. a. zur Abschirmung gegen elektromagnetische Störfelder

Nadelsprechen:	Direkte akustische Abstrahlung von Abtaststift und Nadelträger . . . . .
NF:	Niederfrequenz, alle Frequenzen unterhalb 20 kHz . . . . .
Oktave:	Der Frequenzbereich zwischen $f$ und $2f$ ( $f \hat{=}$ beliebige Frequenz) . . . . .
Ortung:	Richtungsbestimmung . . . . .
Oszillogramm:	Sichtbar gemachte elektrische (akustische) Schwingung . . . . .
Phon:	Einheit der Lautstärke = $20 \lg \frac{J}{J_0}$ , wobei $J_0$ ein Schalldruck von $2 \cdot 10^{-4}$ $\mu$ bar darstellt (z. B. lautes Sprechen 60 Phon) . . . . .
Piezoelektrisch:	Die Eigenschaft bestimmter Kristalle, durch mechanische Deformierung elektrische Spannungen zu erzeugen . . . . .
Resonanz:	Fremderregte Eigenschwingungen eines mechanischen oder elektrischen Schwingkreises . . . . .
Richtcharakteristik:	Räumlicher Bereich einer bevorzugten Empfindlichkeit, z. B. bei einem Mikrofon oder für verschiedene Frequenzen unterschiedlich intensive Abstrahlrichtungen bei einem Lautsprecher . . . . .
Rumpeln:	Tieffrequente Störgeräusche eines Schallplattenlaufwerkes . . . . .
Rückstellkraft:	Die Kraft, die ein Tonabnehmersystem einer Auslenkung durch eine Schallrinne entgegensetzt . . . . .
Schnelle:	Auslenkgeschwindigkeit, z. B. einer Saphirnadel in cm/sec . . . . .
Schneiddose:	Vorrichtung zum Schneiden von Schallrillen an der Schallplatten-Schneidmaschine . . . . .
Schneidkennlinie:	Genormte Bewertung der verschiedenen Tonfrequenzen für einen optimalen Schallplattenschnitt . . . . .
Schwingungsverlauf:	Frequenz oder auch Amplitude in Abhängigkeit der Zeit . . . . .
Skating:	Engl. gleiten, in der Phonotechnik ein Drehmoment, das bei der Schallplattenabtastung in Abhängigkeit von der Auflagekraft und der Nadelverrundung den Tonarm zum Plattenzentrum zieht und die Symmetrie der Abtastung beeinträchtigt . . . . .
Spitzenwert:	Maximaler Amplitudenwert . . . . .
Stroboskop:	Hilfsmittel zum Kontrollieren der Plattenteller-Drehzahl . . . . .
Tonfrequenz:	Die Frequenzen, die akustisch noch wahrgenommen werden können (16 Hz bis 16 kHz) . . . . .
Tonhöenschwankungen:	Die laufende Änderung der Tonhöhe (Frequenz) vom Sollwert . . . . .
Tuner:	HF-Rundfunk-Empfangsteil ohne NF-Verstärker . . . . .
Turnoversystem:	Ein Tonabnehmersystem mit 2 Zungen, die um $180^\circ$ versetzt sind . . . . .
Turntables:	Hochwertige Plattenspieler ohne angebauten Tonarm . . . . .
Übergangsfrequenz:	Einsatzpunkt der Amplitudenänderung als Funktion der Frequenz in einem Übertragungsbereich . . . . .
Übersprechen:	Die unerwünschte Beeinflussung der Stereokanäle untereinander . . . . .
Übersprechdämpfung:	Die Unterdrückung eines Störanteiles vom Nachbarkanal . . . . .
Verhallung:	Nachträgliches Zufügen eines indirekten Schallanteiles . . . . .
Vollaussteuerung:	Max. Spannung am Ein- oder Ausgang eines Übertragungsgliedes zur Erzielung der vollen Nennleistung . . . . .

Abdruck nur mit Quellenangabe gestattet.

## Dual-Werksvertretungen

Platz	Firma	Straße	Telefon-Vorwahl-Nr.	Telefon-Nr. FS-Nr.
1000 <b>Berlin 41</b>	H. F. Rohde	Schmargendorfer Straße 17	0311	837137/38
2800 <b>Bremen</b>	Rolf Kern	Langenstraße 58	0421	310881-83 FS 0244305
4600 <b>Dortmund</b>	Hubert Kampschulte	Ruhrallee 55	0231	26057/58
4000 <b>Düsseldorf</b>	H. W. Kleemann	Lindenstraße 47	0211	684541/42
6000 <b>Frankfurt</b>	Werner Hopf KG	Mainzer Landstraße 49 a	0611	251077 FS 0412087
7800 <b>Freiburg</b>	Friedrich Seibel	Kartäuserstraße 35	0761	33934
2000 <b>Hamburg 50</b>	Georg Himstedt	Bernstorffstraße 76	0411	437012/13
3000 <b>Hannover M</b>	Gerhard Bartel	Alemannstraße 4	0511	667641
5860 <b>Iserlohn</b>	Wilhelm Völker	Ohlstraße 41	02371	24256
3500 <b>Kassel</b>	Bruno Herz	Grüner Weg 19	0561	12098
2300 <b>Kiel</b>	Erich Hesse	Westring 333 a	0431	44623/24
5400 <b>Koblenz</b>	Alfons Michels	Rizzastraße 28	0261	32098
5000 <b>Köln</b>	Alfons Michels	Neue Maastrichter Straße 12-14	0221	522071
6800 <b>Mannheim</b>	Hans Hettergott KG	H 7/28	0621	25561 462579
8000 <b>München 19</b>	Heinz Seibt	Andréestraße 5	0811	5164251 und 5167469 FS 0524853
8500 <b>Nürnberg</b>	Werner Weidner	Heideloffstraße 21-23	0911	445651-53 FS 0622848
4500 <b>Osnabrück</b>	Walter Diekhöner	Martinstraße 63	0541	45071/72
7980 <b>Ravensburg</b>	Wilhelm Michels	Hindenburgstraße 36	0751	4722/23
6600 <b>Saarbrücken 3</b>	Josef Bücker	Heinrich-Böcking-Straße 7	0681	67071/72
7000 <b>Stuttgart S</b>	Helmut Braun	Sophienstraße 2 b	0711	700755/56 FS 0723419

## Dual-Kundendienststellen

Platz	Firma	Straße	Telefon-Vorwahl-Nr.	Telefon-Nr. FS-Nr.
5100 <b>Aachen</b>	H. Marschik	Lothringer Straße 37	0241	37181
8900 <b>Augsburg</b>	Cieslicki & Lukas	Dominikanergasse 20	0821	20639
1000 <b>Berlin 41</b>	H. F. Rohde	Schmargendorfer Straße 17	0311	837137/38
4800 <b>Bielefeld</b>	A. Rothgänger	Ernst-Rein-Straße 48	0521	65940
3300 <b>Braunschweig</b>	Ing. Karl Bösche	Bültenweg 93	0531	31405 und 31269
2800 <b>Bremen</b>	Rolf Kern	Langenstraße 58	0421	310881-83 FS 0244305
4600 <b>Dortmund</b>	Hubert Kampschulte	Ruhrallee 55	0231	26057/58
4000 <b>Düsseldorf</b>	H. W. Kleemann	Lindenstraße 47	0211	684541/42
4300 <b>Essen</b>	Gerstner & Marquardt	Münchener Straße 48	02141	239745/46
2390 <b>Flensburg</b>	Peter Jepsen	Bahnhofstraße 23	0461	2272
6000 <b>Frankfurt</b>	Werner Hopf KG	Mainzer Landstraße 49 a	0611	335731
7800 <b>Freiburg</b>	Friedrich Seibel	Kartäuserstraße 35	0761	33934
2000 <b>Hamburg 50</b>	Georg Himstedt	Bernstorffstraße 76	0411	437012/13
3000 <b>Hannover M</b>	F. Kotte	Blumenstraße 1	0511	21291
5860 <b>Iserlohn</b>	Wilhelm Völker	Ohlstraße 41	02371	24256
7500 <b>Karlsruhe</b>	E. Dzierzawa	Lessingstraße 74	0721	27089
3500 <b>Kassel</b>	Bruno Herz	Grüner Weg 19	0561	12098
2300 <b>Kiel</b>	H. W. Föh	Westring 273	0431	41457
5400 <b>Koblenz</b>	Alfons Michels	Rizzastraße 28	0261	32098
5000 <b>Köln</b>	Alfons Michels	Neue Maastrichter Straße 12-14	0221	522071
6800 <b>Mannheim</b>	W. Streicher	U 6/6	0621	21157
8000 <b>München 19</b>	Heinz Seibt	Andréestraße 5	0811	5164251 und 5167469 FS 0524853
4400 <b>Münster/Westf.</b>	Emil Neher	Paulstraße 7	0251	41143
8500 <b>Nürnberg</b>	Werner Weidner	Heideloffstraße 21-23	0911	445651-53 FS 0622848
4500 <b>Osnabrück</b>	Walter Diekhöner	Martinstraße 63	0541	45071/72
7980 <b>Ravensburg</b>	Wilhelm Michels	Hindenburgstraße 36	0751	4722/23
8400 <b>Regensburg</b>	Heinrich Lederer	Am Vitusbach 19	0941	30809
6600 <b>Saarbrücken 3</b>	Josef Bücker	Heinrich-Böcking-Straße 7	0681	67071/72
5900 <b>Siegen</b>	Prümeß, Inh. G. Kill	Adolfstraße 9	0271	21955
7000 <b>Stuttgart S</b>	Helmut Braun	Sophienstraße 2 b	0711	700755/56 FS 0723419
5500 <b>Trier</b>	Elektro-Goebel	Petrusstraße 4	0651	73422
8700 <b>Würzburg</b>	K. Rückert	Herzogenstraße 11	0931	54387