

Neu von TANDBERG



SONDERAUSGABE

Tandberg Tonbandgerät 6000X Stereo

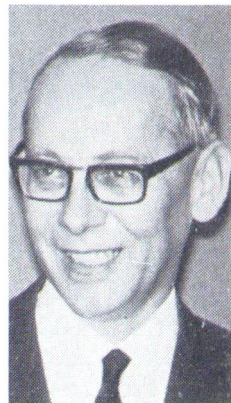
Die neuen Tonbandgeräte der Serie 6000X Stereo die nun zur Verfügung stehen, sind die Nachfolger der bewährten Modelle 62X und 64X.

Der Erfolg eines Tonbandgerätes wird von 3 Faktoren bestimmt: Entwicklung, Produktion und Vertrieb. Jahrelang haben wir mit Nachdruck eine enge Zusammenarbeit von Entwicklung und Produktion gefördert, weil alle auftretenden Probleme der beteiligten Abteilungen ausgetauscht werden müssen. Die Entwicklungsabteilung kann gar nicht umsichtig genug sein,

wenn es sich darum handelt, eine Information an den Vertrieb weiterzuleiten. Die Aussage über das, was hinter unseren Produkten steckt und über die Grundlage unserer Entwicklungen waren uns einfach nicht mehr gut genug. Einige besondere Merkmale und Vorteile unserer Tonbandgeräte könnten nämlich in Vergessenheit geraten sein, weil wir, die wir jeden Tag mit dem Produkt umgehen, diese als selbstverständlich und als Teil unseres täglichen Lebens ansehen.

In dieser Ausgabe der Tandberg Mitteilungen wollen wir uns bemühen, eine Besserung herbeizuführen. Diese Information ist weder ein technisches Datenblatt noch eine Bedienungsanlei-

Lorentz Nødtvedt
Technischer
Direktor
Abteilung Ton-
bandgeräte

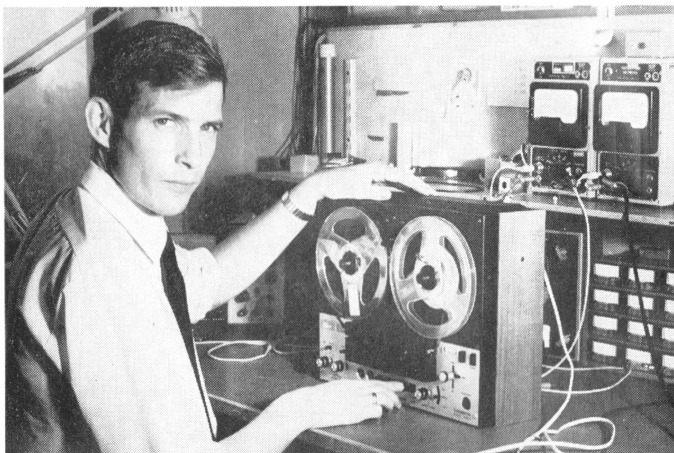


tung. Unsere Absicht ist es, allen unseren Geschäftsfreunden, den Hi-Fi-Kennern und Tonbandfreunden einen Teil von unserem Enthusiasmus und unserer Vorfreude zu vermitteln, mit der wir jetzt dieses neue Spitzengerät heraus gebracht haben.



TEIL I

Elektronik

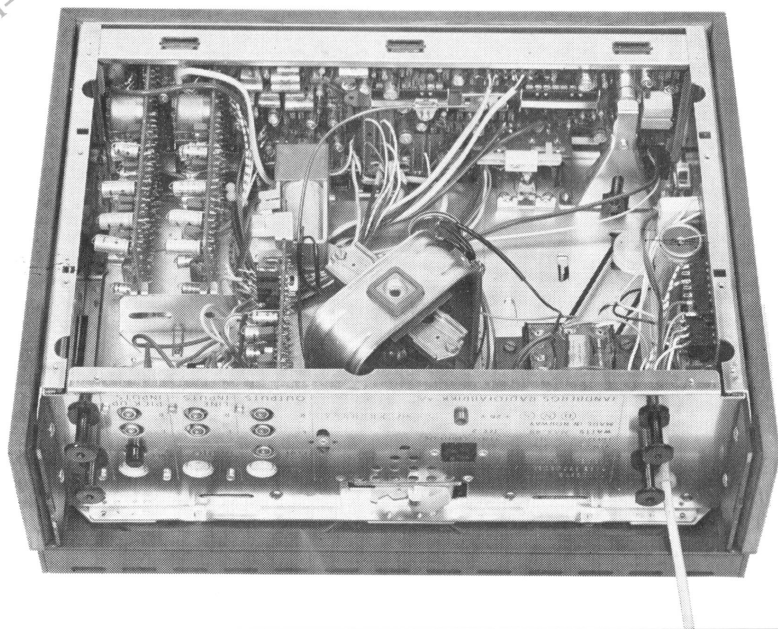


Elektronik-Ingenieur Leif Hole, Projektleiter für das Tonbandgerät 6000X.

Eine oberflächliche Beurteilung der Serie 6000X kann möglicherweise den Eindruck erwecken, dass es sich lediglich um eine transistorisierte Ausgabe der Modelle 6 und 6X handelt, die in der Tat die gleichen Anwendungsmöglichkeiten bieten. Der Erfolg dieser Geräte ist ohne Zweifel auf die gute und zuverlässige Konstruktion zurückzuführen. Es war daher logisch,

einiges von dieser Konstruktion für die Serie 6000X zu übernehmen. Die Einführung der Serie 6X mit Tandberg Cross-Field Technik brachte einen völlig neuen Qualitätsbegriff für Tonbandaufnahmen bei kleinen Bandgeschwindigkeiten. Trotzdem war es notwendig die gesamte Elektronik neu zu konzipieren. Es lag auf der Hand, dass die Qualität durch eine Transis-

torisierung der Elektronik verbessert werden konnte. In Übereinstimmung mit unseren Grundsatz-Überlegungen haben wir uns ganz besonders auf die Aufnahmetechnik konzentriert, ohne dabei die Wiedergabequalität zu vernachlässigen. Bei Tonbandgeräten in dieser Preisklasse sind die relativen Kosten für eine optimale Wiedergabe von geringer Bedeutung. Die



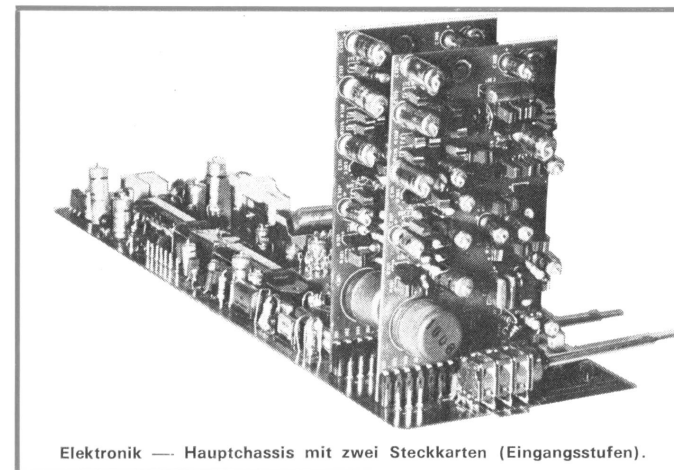
Elektronik kann daher ohne Probleme so gut ausgelegt werden, dass die Wiedergabequalität nur von den Eigenschaften des verwendeten Bandmaterials abhängt.

Röhren oder Transistoren?

Röhren und Transistoren haben ganz unterschiedliche physikalische und technische Eigenschaften. Die Art der Funktionen, wie sie in einem transistorisierten Gerät vorkommen, müssen deshalb nicht die gleichen sein, wie bei einer Röhrenbestückung. Eine transistorisierte Kopie der Serie 6X würde unlogische Lösungen nach sich ziehen. Eine neue Konstruktion, basierend auf Transistoreigenschaften, war deshalb notwendig. Wohin führt nun die neue Technik in Verbindung mit unseren eigenen Überlegungen?

Eingänge Mikrofoneingänge

Beginnend bei den Eingängen wissen wir, dass im allgemeinen Transistoren eine niedrigere Impedanz haben als Röhren. Das Kristall-Mikrofon TM 3, das immer noch unübertroffen ist, wenn Preis und Qualität gegenübergestellt werden, müsste einem Mikrofon mit kleinerem Innenwiderstand weichen, um damit eine richtige Anpassung an den Mikrofonverstärker zu erreichen. Glücklicherweise hatten wir schon in Zusammenarbeit mit unseren Zulieferanten mit der Entwicklung des dynamischen Mikrofons TM 4 Erfolg, das bei etwas höherem Preis in der Qualität dem TM 3 gleichkommt. Ein zusätzlicher Vorteil für den Besitzer eines 6000X liegt darin, dass der niedrige Eingangswiderstand des Mikrofonverstärkers die Verwendung jedes modernen Studio-Mikrofons hoher Qualität gestattet. Die normale Impedanz eines dynamischen Mikrofons beträgt 200 Ohm, d.h. weniger als das Optimum in Bezug auf das Signal/Geräusch-Verhältnis. Um bestmögliche Aufnahmequalität zu erreichen, wurde ein Mikrofontransformator eingesetzt. Dies hat den zusätzlichen Vorteil eines symmetrischen Einganges und damit weitere Reduzierung der Brummspannung. Die Verwendung längerer Mikrofonkabel



Elektronik — Hauptchassis mit zwei Steckkarten (Eingangsstufen).

bis zu 200 Meter ist somit möglich.

Die geringere Betriebsspannung bei Transistor-Schaltungen zwingt zu einer Beschränkung im Dynamik-Bereich, weil die maximale unverzerrte Ausgangsspannung der Spannungsverstärker niedriger ist. Ein Pegelregler in der ersten Verstärkerstufe würde das Problem im Dynamik-Bereich lösen, jedoch nur auf Kosten des Signal/Geräusch-Verhältnisses. Dieser Konflikt zwischen dem Dynamik-Bereich und dem Signal/Geräusch-Verhältnis bei niedriger Leistung war schon bei der Röhrenbestückung ein Problem. Anstelle eines Kompromisses entschlossen wir uns zu einer idealen Lösung: Montage zweier Potentiometer auf derselben Achse für den Eingangspegel. Ein Potentiometer regelt die erste Verstärkerstufe (Ausweitung des Dynamik-Bereiches), das zweite wird im nachfolgenden Verstärkerzweig wirksam und sorgt für ein gutes Signal/Geräusch-Verhältnis auch bei kleinem Eingangssignal. Die Serie 6000X ist daher besser als die Serie 6X im Hinblick auf das Signal/Geräusch-Verhältnis, Pegelregelung und Dynamik. Mit einer Empfindlichkeit von 70 Phon bei voller Ausgangsleistung und einer Dynamik von 70 dB kann die Serie 6000X mit Lautstärken, die 140 Phon überschreiten, ohne Übersteuerung des Eingangsverstärkers fertig werden (vorausgesetzt, dass das Mikrofon dem Schalldruck standhält!). Ein

Schalldruck von 140 Phon entspricht dem Geräusch einer aufsteigenden Düsenmaschine und liegt bereits weit über der menschlichen Schmerzschwelle.

Lineare Eingänge

Bei Röhrengeräten konnte ein hoher Eingangswiderstand einfach durch einen Spannungsteiler erreicht werden. Diese Technik kann bei Transistorschaltungen nicht angewendet werden. Im Hinblick auf die geringe Ausgangsspannung und die niedrige Impedanz dynamischer Mikrofone wäre es nötig, die Ansteuerung stark zu reduzieren, um ein günstiges Signal/Geräusch-Verhältnis zu erzielen. Um Kompromisse zu vermeiden, wurde für jeden Kanal ein besonderer Linear-Verstärker mit optimalem Signal/Geräusch-Verhältnis entwickelt, dessen Regelung der des Mikrofonverstärkers völlig entspricht. (Zweipunktregelung durch Doppelpotentiometer.) Das Ergebnis ist ein Dynamik-Bereich von 70 dB bei Eingangsspannungen zwischen 5 mV und mehr als 10 Volt! Damit wurden getrennte Eingänge für niedrige und hohe Eingangsspannungen überflüssig. Unser Ziel, das bestmögliche Signal/Geräusch-Verhältnis für die Mikrofon- und Linear-Eingänge zu erreichen, haben so zu getrennten Mikrofon- und Linear-Verstärkern geführt. Damit besitzt das Modell 6000X auch ein vollwertiges 4-Kanal Mischpult. Während der Entwicklung des Tandberg Tonbandgerätes Modell 6 wurden

zunehmend Magnetsysteme in hochwertigen Plattenspielern benutzt. Ein Umschalter von Keramik- auf Magneteingang ermöglicht den direkten Anschluss von Plattenspielern mit Magnetsystem ohne zusätzlichen Entzerrer-Vorverstärker.

Aussteuerungsanzeige

Magisches Auge oder Vu-Meter?

Ein Eingangsverstärker, der für alle Eingänge das bestmögliche Signal/Geräusch-Verhältnis hat, ist eine notwendige, aber nicht ausreichende Voraussetzung für eine hochwertige Aufnahme. Es ist ebenso wichtig, dass das Programm-Material bei der Aufnahme nicht mehr als nötig verschlechtert wird. Dieser Vorgang muss so einfach zu beherrschen sein, dass auch ein in technischen Dingen unerfahrener Benutzer bestmögliche Aufnahmen erhält. Zunächst muss der Benutzer den optimalen Aufnahmepegel bestimmen können. Eine Aufnahme-Anzeige mit einwandfreien Eigenschaften ist daher unbedingt erforderlich.

Wir haben immer die Überlegenheit des magischen Auges hervorgehoben. Dass wir jetzt beim Modell 6000X zu Anzeigeinstrumenten übergegangen sind, zeigt, dass wir unsere bisherige Auffassung geändert haben. Hier macht sich die Transistorisierung bemerkbar. Bei einer Aussteuer-Anzeige zählt nicht,

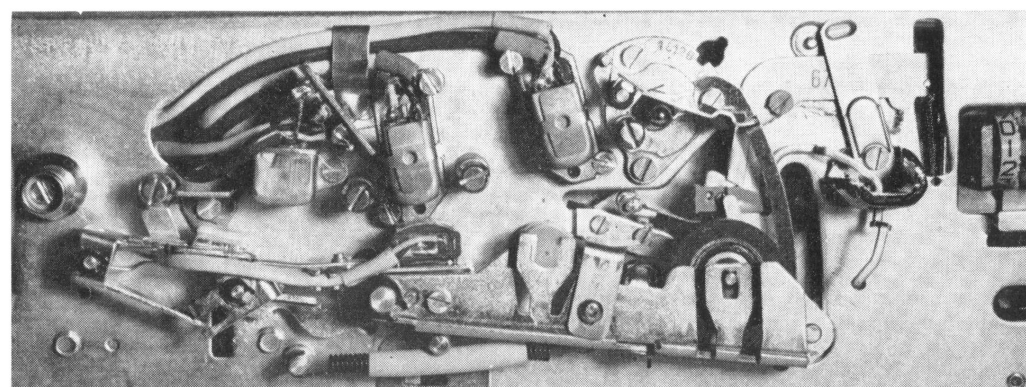
ob es sich um ein Messgerät oder ein magisches Auge handelt, sondern wie diese Anzeige auf die Eingangssignale anspricht. Wir haben immer eine Anzeige der Signalspitzen für notwendig gehalten, wenn diese Spitzen eine Dauer erreicht haben, die zu einer Übersteuerung des Bandes und damit zu hörbaren Verzerrungen führt. Eine verhältnismässig kurze Ansprechzeit der Aussteuer-Anzeige ist daher erforderlich. Wir haben ungefähr 50 ms gewählt, weil eine Übersteuerung von kürzerer Dauer nicht hörbar ist. Bei Röhrenverstärkern ist das magische Auge die billigste und beste Lösung, weil alle notwendigen Betriebsspannungen gegeben sind. Diese Anzeige ist frei von Trägheit und kann ohne weiteres die gewünschte Ansprechzeit erreichen. Vu-Meter haben eine standardisierte Ansprechzeit von 250 ms und zeigen daher nur grob den Mittelwert des Signals. Die meisten Tonbandgeräte normaler Bauart sind mit einem billigen Vu-Meter ausgerüstet mit einer grossen Streuung der Ansprechzeit — bis zu 500 ms. Die Transistorisierung stellte uns daher vor ein neues Problem. Um magische Augen im 6000X zu verwenden, hätten wir Heiz- und Anodenspannung nur hierfür benötigt. Auf der anderen Seite sind Messinstrumente mit

einer Ansprechzeit von 50 ms oder weniger sehr empfindlich und teuer, wenn die Streuung innerhalb vernünftiger Toleranzen liegen soll. Mit Transistoren kann man preisgerechte Kompensationsschaltungen aufbauen. So war es möglich, Instrumente mit einer verhältnismässig langen mechanischen Ansprechzeit zu verwenden, die über eine elektronische Überwachungsautomatik mit einer kurzen Ansprechzeit kontrolliert werden. Dies führte dazu, dass die Instrumente im 6000X ebenso exakt arbeiten, wie die magischen Augen in unseren früheren Modellen.

Die Abweichung beträgt nur 100 — 200 ms, was praktisch keine Bedeutung hat. Diese Pegelanzeige ist ein typisches Beispiel dafür, wie die Technologie von Röhren und Transistoren zu unterschiedlichen Lösungen führt. Die niedrigere Versorgungsspannung für die Transistoren macht das magische Auge zu teuer und unlogisch. Optimale Lösungen mit Anzeigeinstrumenten sind möglich. Wie in all unseren Tonbandgeräten zeigt das Vu-Meter die am Aufnahmekopf anstehende Spannung an. Mit anderen Worten, das Risiko einer Bandsättigung, hervorgerufen durch Übersteuerung bei hohen Frequenzen, ist voll unter Kontrolle (Aufnahme-Entzerrung). Das ist zwar aufwendiger, als den Pegel vor der Entzerrung anzuzeigen, aber nach unserer Meinung ist es für ein Tonbandgerät der Spitzenklasse absolut notwendig.

Begrenzer-Verstärker (Dynamik-Kompressor)

Nicht einmal eine völlig fehlerfreie Anzeige des Aufnahmepegels wird dem Benutzer eine optimale Qualität unter allen Umständen garantieren, weil keine Anzeige die Fähigkeit besitzt, «in der Zukunft zu messen». Ein Übersteuern des Bandes ist die Folge. Der Pegel kann zwar reduziert werden, um damit eine grössere Sicherheit gegenüber erwarteten Spannungsspitzen zu erreichen. Falls aber grosse Unterschiede in der Dynamik des Programms anstehen, muss der Durchschnittspegel einige dB unter dem optimalen Wert liegen, um damit eine Sättigung bei Dynamik-



Bandverlauf — 4 Köpfe: Löschen, Aufnahme, Vormagnetisierung (Tandberg Cross-Field) und Wiedergabe.

Spitzen zu vermeiden. Damit verschlechtert man gewöhnlich das Signal/Geräusch-Verhältnis. In solchen Fällen führt ein Begrenzer-Verstärker zu unterschiedlichen Resultaten, da Begrenzer auf verschiedenen Prinzipien basieren. Wir haben eine Schaltung gewählt, die in einigen Rundfunk-Studios verwendet wird. Eine kurze Ansprechzeit von weniger als 5 ms und eine Begrenzungsdauer von weniger als 1-2 Sekunden führt zu einer fast augenblicklichen Begrenzung der Signalspitzen, mit dem Erfolg, dass eine Sättigung des Bandes vermieden wird. 1-2 Sekunden nach der Signalspitze wird der Durchschnitts-Pegel wieder erreicht. Feldeffekt-Transistoren mussten eingesetzt werden, um Verzerrungen zu vermeiden, die durch den Begrenzer entstehen können. Eine gleichwertige Lösung mit Röhren wäre technisch innerhalb eines vernünftigen wirtschaftlichen Rahmens nicht möglich gewesen.

Es sollte beachtet werden, dass unsere Begrenzer-Verstärker in einer Art arbeiten, die sich von den bisher bekannten automatischen Pegel-Kontrollen stark unterscheiden. Diese haben eine Begrenzungsdauer bis zu mehreren Minuten, was darauf zurückzuführen ist, dass der durchschnittliche Programm-Pegel durch die Signalspitzen bestimmt wird. Obwohl diese Eigenschaft in einigen wenigen Fällen von Nutzen sein kann, so wäre sie doch absolut wertlos für eine hochwertige Musikaufnahme. Der Begrenzer-Verstärker in der Serie 6000X ist abschaltbar.

Tandberg Cross-Field-Verfahren

Wir haben gesehen, wie die Eingänge und die Kontrollfunktionen ihre Charakteristiken und ihre Eigenschaften änderten, als wir von Röhren auf Transistoren übergingen. Alle Eingangssignale die durch unsere Aufnahmeverstärker mit maximaler Qualität gegangen sind, und die durch die Kontrolleinrichtungen des Modells 6000X überwacht wurden, müssen auch auf das Band aufgenommen werden, denn der Aufnahmeprozess selbst ist das wichtigste bei jedem Tonbandgerät.

In der Serie 6000X wird, wie bei dem Vorgänger 6X, das Tandberg Cross-Field-Verfahren angewandt. Es ist allgemein bekannt, dass diese Technik dem herkömmlichen Aufnahmeverfahren erheblich überlegen ist. Dennoch zögern die meisten Hersteller, wenn sie den hierdurch entstehenden Problemen, sowie den notwendigen Investitionen gegenüberstehen. Wir können Tonbandgeräte mit Cross-Field-Technik zu einem vernünftigen Preis anbieten, einschliesslich dem Beweis, alle Probleme gemeistert zu haben. Wir gehören zu den wenigen Tonbandgeräteherstellern in der Welt, die Erfahrung auf diesem Gebiet haben. Um eine Aufnahme, die mit Cross-Field-Technik produziert wird zu beherrschen, müssen viele andere Faktoren beachtet werden. Die Entzerrung muss der Cross-Field-Technik angepasst werden, um eine standardisierte Aufnahme zu gewährleisten. Der Aufnahme-Verstärker muss eine genügende Übersteuerungsfestigkeit haben, die

es gestattet, das Band optimal zu nutzen. Die Oszillatorspannung muss symmetrisch ausgelegt sein, um niedrige, harmonische Verzerrungen am Löschen- und Vormagnetisierungskopf zu erreichen. Die Vormagnetisierung muss den neuen LOW-NOISE Bändern angepasst werden. Darüber hinaus müssen die Köpfe und der Bandtransport von höchster Qualität sein. Alle diese Faktoren, die zu einer vielseitigen Verwendung beitragen, haben immer im Mittelpunkt unserer Entwicklung gestanden.

Bedienung

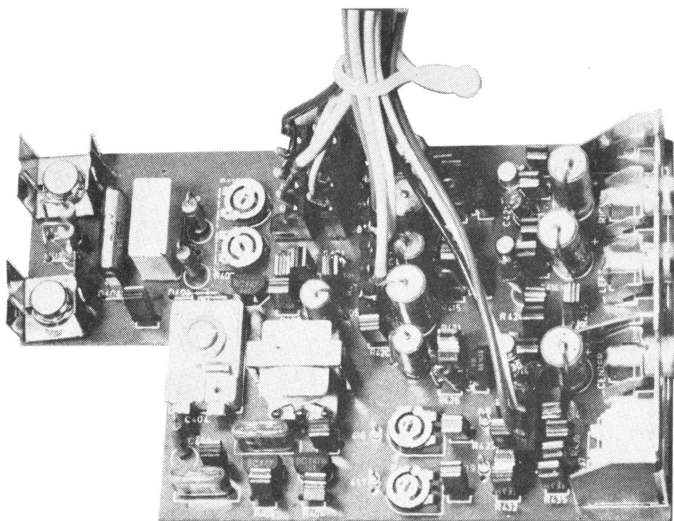
Die Drucktasten, wie schon früher in der Serie 6X zur Spurwahl bei der Aufnahme und Wiedergabe verwendet, wurden beibehalten. Einrichtungen, wie Hinterbandkontrolle, Multi-Playback und die Echo-Effekte, sind Erben aus der Serie 6X. Die Überspielmöglichkeiten wurden flexibler gestaltet. Dieser Bedienungskomfort wird im einzelnen in der Bedienungsanleitung genau beschrieben.

Zusammenfassung

Unsere erste Absicht ging dahin, kleinere Änderungen an der Serie 6X vorzunehmen und Transistoren einzuführen. Wie aus dem o.a. hervorgeht, hat die Anwendung der Transistoren, verbunden mit unseren allgemeinen Gedanken zur Entwicklung selbst, zu einer völlig neuen Elektronik geführt.

Wenn wir die bedeutendsten Punkte zusammenfassen, wird klar, dass wir ein Tonbandgerät mit Mikrofon- und Linear-Eingängen entwickelt haben mit einer Flexibilität und einem Sig-

Elektronik — Ausgangsverstärker und Löschengenerator.



nal/Geräusch-Verhältnis, womit die Serie 6000X auch noch zu einem idealen Vorverstärker für jede HiFi-Anlage wird. Die Aufnahmekontrolle ermöglicht selbst einem technischen Laien, Aufnahmen hoher Qualität zu produzieren. Am meisten sei hervorgehoben, dass die Aufnahme-technik und die elektronischen Einrichtungen des Gerätes, sowie die Aufnahmeköpfe in der Lage

sind, neue Masstäbe für Aufnahmen hoher Qualität zu setzen. Wir zögern, die Serie 6000X das beste Tonbandgerät der Welt zu nennen. Das Tonbandgerät hat weder 3 Motoren, noch ist es übernatürlich. Gelegentlich mag es auch ein geringes mechanisch bedingtes Geräusch während der Bedienung geben. Wir sind jedoch davon überzeugt, dass es uns

gelingen ist, ein Tonbandgerät zu entwickeln, das bei vorgegebener Bandqualität und einer vorgegebenen Bandgeschwindigkeit den Besitzer in die Lage versetzt, die bestmöglichen Aufnahmen überhaupt zu erreichen. Darüber hinaus gilt, dass diese Aufnahmen ohne jegliche technische Vorbildung des Benutzers zustande gebracht werden können.

TEIL II

Mechanische Ausstattung



Chef-Ingenieur Gudmund Flage, Leiter der Entwicklungsabteilung Mechanik.

Aus Teil I wurde klar, dass die elektronische Ausrüstung der Serie 6000X Möglichkeiten einer hohen Aufnahmequalität bietet. Wie ausgezeichnet die elektronische Ausstattung auch sein mag, sie wäre nutzlos, wenn der Bandtransport weniger gut wäre. Der Hauptzweck des Bandtransportes besteht lediglich darin, das Band während der Aufnahme und Wiedergabe mit konstanter Geschwindigkeit am Kopfspalt vorbeizuführen, ohne eine Verschlechterung der ursprünglichen Qualität nach sich zu ziehen. Unglücklicherweise gibt es eine Reihe Faktoren, die zu einer Qualitätsminderung beitragen können. Im folgenden werden wir uns mit diesen Problemen befassen und sehen, wie sie in der Serie 6000X gelöst wurden.

Absolute Bandgeschwindigkeit

Die Bandgeschwindigkeit setzt sich aus der absoluten Ge-

schwindigkeit unter nominalen Bedingungen und verschiedenen Abweichungen vom absoluten Wert zusammen. Um gute Laufeigenschaften zu erreichen, verwendet das 6000X die Prinzipien, die in der Serie 64X angewendet wurden, und die in vielen Ländern einen Masstab für Kleinstudio-Tonbandgeräte gesetzt haben. Es ist notwendig, die Grundprinzipien rückblickend aufzuzeigen. Ein Hysteresesynchron-Motor mit einem guten Drehmoment beim Start und während des Abspielvorganges, garantiert eine konstante Bandgeschwindigkeit. Schwankungen der Motorgeschwindigkeit, durch temperaturabhängige imponderable Reibungskräfte und instabile Netzspannungen, gibt es nicht.

Eine ganz geringe Bremswirkung der abwickelnden Bandspule und eine gleichbleibende Bandspannung wird durch einen speziellen Banddruck erreicht.

Damit sind sehr geringe Geschwindigkeitsunterschiede von der vollen zur leeren Spule gewährleistet.

Wow — Flutter

Eine Capstan-Welle mit verhältnismässig kleinem Durchmesser, die mit einer hohen Geschwindigkeit rotiert, und durch ein Schwungrad mit hohem Trägheitsmoment stabilisiert wird, ist einer der Faktoren, die zu einem niedrigen Wow and Flutter beitragen, wie dies schon bei der Serie 64X der Fall war. Dies ist freilich nicht der einzige Faktor. Hohe Präzision bei der Herstellung aller rotierenden Teile, ausgewuchtete Schwunghölzer, Speziallager mit spezieller Justierung für die Schwunghölzer, gleichbleibendes Drehmoment beim Bremsen und der Friktion, ein richtiges Drehmoment beim Aufspulen, ein einwandfreier Angriffswinkel zwi-

schen Capstan-Welle und Andruckrolle, erstklassige Gummiqualität, genauer Durchmesser und Breite der Andruckrolle, sowie genaue Führung der Bandspulen, sind alles in gleicher Weise wichtige Faktoren.

Diese guten Eigenschaften stammen noch von der Serie 64X her und sind absolut notwendig. Das Ergebnis kann direkt in unseren technischen Datenblättern nachgelesen werden, die geringe Werte für Wow und Flutter aufzeigen. Jeder Hersteller von Bandgeräten hebt diese Eigenschaften hervor und verwendet sie in der Werbung. Es gibt jedoch auch andere und nicht so gut bekannte Faktoren, die die Aufnahmegüte mindern können, die freilich nicht so leicht zu messen sind, obwohl sie die Qualität mehr als eine ungenügende Geschwindigkeitskonstanz beeinflussen können.

Squealing, Mechanische Bandschwingungen und Drop-outs

Drei andere Eigenschaften, die durch den Bandtransportmechanismus beeinträchtigt werden können, müssen erwähnt werden. Besonders sollen die beiden ersten betrachtet werden.

Squealing (Quietschen)

Dieses Phänomen ist ein akustischer Effekt, der von einer zu starken mechanischen Schwingung des Bandes herrührt. Die Schwingung verläuft im Band quer und der Länge nach und wird durch eine ungleichmässige Reibung zwischen dem Band und der Kontaktfläche (Köpfe) hervorgerufen. Eine eingehende Überprüfung der Bandbewegung lässt erkennen, dass das Band periodisch an der einen oder anderen Stelle der Kontaktfläche für eine gewisse Zeit haften bleibt, um im nächsten Augenblick zu rutschen. Diese Neigung hat durch neues Bandmaterial (LOW-NOISE-Bänder), bei welchem die Bandoberflächen geschmeidiger geworden sind, zugenommen. Squealing wird stärker bei zunehmendem Druck und steigender Temperatur; es ist auch abhängig von dem verwendeten Material bei den Teilen, die mit dem Band Kontakt haben. Schon die Modelle 1200X und 1600X wurden durch Einführung eines neuen Bandan-

drucks verbessert. Hierbei wird das Band gegen eine polierte Chromplatte gedrückt, anstatt gegen den Löschof. Diese Lösung wurde bei der Serie 6000X beibehalten.

Mechanische Bandschwingungen

Mechanische Bandschwingungen treten gleichzeitig mit dem Nutzsinal auf und sind Erscheinungen, die bei allen Aufnahme- und Wiedergabeprozessen auftreten, da das Bandmaterial nicht homogen ist. Beim Abspielen hat sich herausgestellt, dass diese Schwingungen auch durch den Weg beeinflusst werden, den das Band zu durchlaufen hat, und daher ihrer Natur nach dem Squealing ähnelt. Schwingungen in Längsrichtung können entstehen, wenn das Band in der horizontalen Lage flattert. Sie sind nicht hörbar, aber ihre Frequenz beeinflusst den eigentlichen Frequenzgang. Sie ist zu hoch, um als Flutter wahrgenommen zu werden, trägt jedoch zum gesamten Störpegel bei. Das Ergebnis: Der Ton wird scharf. Diese Neigung kann mit der Entfernung zwischen den Köpfen, der Capstan-Welle und den Bandführungen variieren, es kann jedoch nie völlig beseitigt werden. Eine merkliche Verbesserung wird durch die Verwendung eines mechanischen Flutter-Filters erreicht. Dies ist im Prinzip eine leerlaufende Rolle, über die das Band zwischen den Köpfen hindurchläuft. Der Erfolg gleicht dem eines Fingers, der auf eine schwingende Violinsaite gelegt wird und die Schwingungen zum Stehen bringt. Die Rolle muss mit geringen Toleranzen gefertigt werden, um keine anderen Geräusche hervorzurufen. Dazu müssen das Verhältnis von Masse, Reibung zwischen Rolle und Band und der Anstellwinkel einwandfrei sein. Die Wirksamkeit dieses Filters kann durch Aufnahme eines relativ hohen Tones bei gleichzeitiger Hinterbandkontrolle demonstriert werden. Wird die Rolle angehalten, kann das Geräusch neben dem Nutzsinal gehört werden.

Tonausfälle (Drop-outs)

Tonausfälle werden hauptsächlich durch ungenügenden Kontakt zwischen Band und Kopf ausgelöst, die wiederum in der

Ungleichmässigkeit der Bandbeschichtung ihre Ursache haben sowie durch Schmutzteile, die sich auf dem Band befinden, hervorgerufen werden. Eine andere Ursache ist eine zitternde Bewegung der Bandkanten, wenn es am Aufnahme- und Wiedergabekopf vorbeiläuft. Ausfälle in den Aussenspurten sind die Folge. In der Serie 6000X sind besondere Bandführungen eingebaut, die vor dem Aufnahme- und Wiedergabekopf liegen. Das Band umläuft diese beiden Führungen in einem bestimmten Winkel. Diese Bandführungen halten bereits einen Teil des Schmutzes zurück. Von noch grösserer Bedeutung ist die Tatsache, dass diese vertikale Überwachung des Bandes an einer Stelle stattfindet, an der das Band auf einer gekrümmten Bahn verläuft. Das Band ist daher weniger empfindlich für vertikale Einflüsse; die Neigung zum Zittern des Bandes wird vermindert. Der Kontakt zwischen Kopf und Band hängt auch vom Druck zwischen Kopf und Band selbst ab. Bei einer vorgegebenen Bandspannung nimmt der Druck zu, wenn der Radius der Kopfverrundung abnimmt. Bei der Serie 6000X ist dieser Verrundungsradius nahe dem Kopfspalt sehr klein. Das ist genau das, was einige andere Hersteller als hyperbolische Köpfe bezeichnen. Wir sind uns immer der Bedeutung der Kopfverrundung bewusst gewesen und haben versucht, optimale Werte zu erreichen. Bei der Auslegung der Verrundung muss jedoch ein Kompromiss zwischen dem Kopf-Band-Kontakt und der Aufhängevorrichtung des Kopfes gemacht werden. Ein geringer Radius hat den zusätzlichen Vorteil, dass das Band am Vorderteil des Kopfes besser anliegt und hierdurch das Zittern des Bandes vermindert wird.

Bandführung

Bei der Serie 6000X sind die einzelnen Elemente der Bandführung und die Kopfträgerplatte sehr stabil. Wie zuvor erwähnt, sind die bandführenden Elemente erweitert und verbessert worden. Selbst nach Transport und rauhestem Betrieb besteht optimale Betriebsbereitschaft. Einige der Erwägungen, die zu

einem grösseren Aufwand bei den wichtigsten mechanischen Funktionen geführt haben, wurden bereits erwähnt. Die Serie 6000X ist in dieser Beziehung besser als die Serie 64X. Die elektronischen Eigenschaften können durch diese mechanischen Verbesserungen noch intensiver genutzt werden.

Servobremsen

Zusätzlich zu der Hauptaufgabe des Bandtransportes — das Band während der Aufnahme und Wiedergabe zu bewegen — gibt es eine Reihe anderer Forderungen, die erfüllt werden müssen. Wenn die Stoptaste gedrückt wird, sollte das Band ohne jede Neigung zum Kriechen, selbst mit sehr wenig Band auf der Aufnahmespule, sofort zum Stillstand kommen. Um dies zu gewährleisten, drückt eine Gummibremse gegen Band und Andruckrolle. Bei älteren Modellen konnte es beim Stoppen des Bandes dann zu einer Schleifenbildung kommen, wenn das Mengenverhältnis des Bandmaterials auf den Spulen ungünstig war. Ein zusätzliches Bremssystem ist in der Serie 6000X stets auf die zuführende Spule wirksam (in diesem Fall nicht notwendigerweise die linke Spule). Die Bremsen sind so eingestellt, dass ohne Rücksicht auf die Grösse der Spulen keine Verschlingungen der Bänder oder übermässige Bandspannungen auftreten können. Dies ist eine Eigenschaft nur weniger

Tonbandgeräte. Dank aller Verbesserungen des Bandtransportes können beim Modell 6000X auch dünne Bänder verwendet werden. Die Qualität solcher Bänder ist eine andere Frage. Das Tonbandgerät wird ohne Rücksicht auf die Bandqualität eine Benutzung ermöglichen, die nur durch das Bandmaterial selbst bestimmt wird. Die Servobremsen führen auch zu einer grösseren Präzision der eigentlichen Bremsfunktion. Wenn verlangt wird, das Band auf ein gegebenes Zeichen hin zu stoppen, ist die Schnelligkeit dieses Vorganges nicht von den Bremsen, sondern nur von der Reaktionszeit des Bedienenden abhängig.

Einfache Bedienung

Wir haben auf den vorangegangenen Seiten versucht, die Gedanken darzulegen, die wir uns über die mechanischen Funktionen des Gerätes: normaler Vorlauf, Stop und Aufspulen gemacht haben und sind zu dem Schluss gekommen, dass alle Teilfunktionen verbessert wurden. Ausserdem ist es für den Benutzer wichtig, zu wissen, dass sein Gerät leicht zu bedienen ist. Die für unsere Geräte typische Knüppelschaltung wurde beibehalten. Sie ermöglicht eine einfache, keiner Erklärung bedürftige Bedienung. Wir haben unsere Bemühungen darauf gerichtet, den erforderlichen Kraftaufwand beim Schaltvorgang zu verringern. Der He-

bel bewegt die Andruckrolle bis zu einem Abstand von 0,5—1 mm zu der Tonwelle, ein Elektromagnet übernimmt dann den endgültigen Andruck. Eine Verminderung der benötigten Federspannung für alle Arbeitsgänge wurde durch Verwendung neuer Werkstoffe für spezielle Teile erreicht. Alle gleitenden Oberflächen sind aus Delrin und Federstahl. Darüber hinaus sind alle Federn, die während eines Arbeitsganges nicht benötigt werden, zu den feststehenden Teilen hin entspannt. Das Ergebnis ist ein Schalthebel für den Bandtransport, der nur noch den halben Kraftaufwand benötigt, wie er zur Bedienung früherer Modelle erforderlich war.

Cueing

Cueing, d.h. Abhören des Bandes bei schnellem Vor- und Rücklauf ist ebenfalls möglich. Es erleichtert das Auffinden bestimmter Programme.

Geringe Laufwerkgeräusche — robuste Bauweise

Andere mechanische Verbesserungen sollten noch erwähnt werden. Die Verwendung neuer Werkstoffe für die gleitenden Teile setzt das mechanische Geräusch herab. Der Gesamtgeräuschpegel wurde durch die Verbesserung der Lager für Spulenteiler und das Zwischenrad, einen neuen Antriebsriemen, sowie neue Gummilager mit noch besserer Dämpfung weiter reduziert. Schliesslich wurde der gesamte mechanische Aufbau verstärkt. Die untere Montageplatte ist mit nach oben sich verbreitenden Wänden wie eine Wanne geformt, was der Stabilität der oberen verschraubten Montageplatte zugute kommt. Das Resultat ist eine stabile Konstruktion, unempfindlich gegen biegende und Torsionskräfte. Alle Justierungen haben damit eine hohe Stabilität, die Zuverlässigkeit ist noch grösser geworden. Darüber hinaus sind der Boden, sowie die Seiten- und Rückwände aus Aluminium gefertigt, das Gehäuse hat keine stützende Funktion mehr. Dies ist einfach darum von Vorteil, weil Stahl und Aluminium eine weit aus grössere Stabilität als Holz haben.

TEIL III Köpfe

Wir haben uns zuvor mit dem elektronischen und mechanischen Aufbau befasst. Die Köpfe bilden das Bindeglied zwischen diesen beiden Elementen. Wie bei allen Ketten, bestimmt das schwächste Glied die Gesamtstärke.

Produktion der Köpfe

Seit Beginn der Tonbandgerätfertigung haben wir aus der Eigenproduktion der Köpfe Vorteile gezogen. Das hat uns in die Lage versetzt, die Ausführung der Köpfe den besonderen Bedürfnissen der verschiedensten Bandgerätypen anzupassen. Da die Serie 6000X getrennte Köpfe für Aufnahme, Wiedergabe und Vormagnetisierung besitzt, war es möglich, jeden Kopf seinem besonderen Zweck entsprechend optimal auszuliegen. Eine Vergabe der Kopfproduktion an Zulieferanten hätte möglicherweise zur gleichen Qualität der Köpfe geführt, wäre jedoch ohne Zweifel eine Behinderung bei der Entwicklung neuer Produkte gewesen. Ein gutes Beispiel hierfür war die Entwicklung der Tandberg Cross-Field-Technik, die zahllose Versuche mit verschiedenen Köpfen und Kopfkombinationen erforderlich machte. Wenn wir mit jedem Schritt vorwärts bei der Lieferung neuer Muster von Zulieferanten abhängig gewesen wären, hätte die Entwicklung sicherlich längere Zeit in Anspruch genommen. Ein anderer Vorteil der Kopfpro-

duktion im eigenen Hause besteht in der wertvollen Verbindung zwischen der Erfahrung des Benutzers und den Know-How der Ausführung, die bei uns jederzeit gegeben ist. Wir wollen nun einige Eigenschaften unserer Aufnahme- und Wiedergabeköpfe besprechen:

Mumetallvorderteil des Kopfes — Band-Kopf-Kontakt

In unseren Ausführungen über den Bandtransport haben wir auf die Bedeutung des Verrundungsradius am Vorderteil des Kopfes hingewiesen. Der übrige Teil des Kopfvorderteils ist aber genau so wichtig. Bei unseren Konstruktionen sind sämtliche Kontaktflächen zwischen Band und Kopf aus Metall. Es hat sich gezeigt, dass Kopfverunreinigungen und damit Drop-outs häufiger auftreten, wenn das Band mit Kunststoff in Berührung kommt; auch bleiben

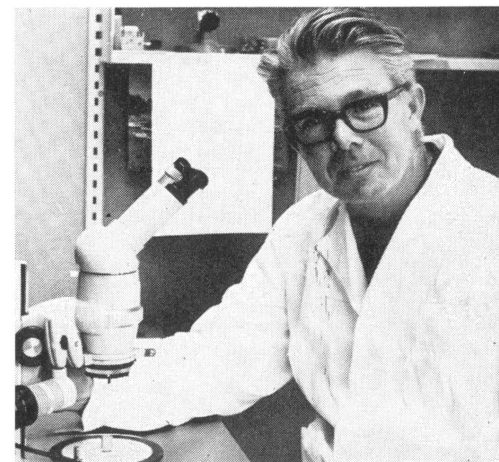
Teile der Bandbeschichtung leichter an solchem Material hängen.

Verschleiss des Kopfvorderteils

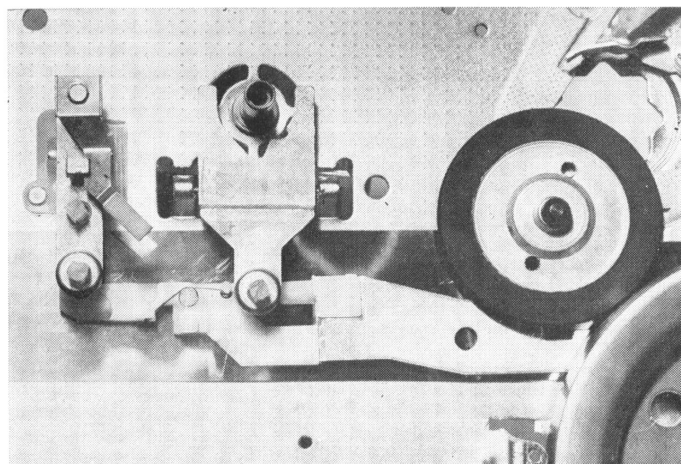
Das Vorderteil des Kopfes besteht hauptsächlich aus Mu-Metall, was mehrere Vorteile bietet. Der Verschleiss wird hierdurch gleichmässig auf die gesamte Stirnseite des Kopfes verteilt. Das für den magnetischen Schutz zwischen dem inneren Teil des Kopfes und seiner Stirnseite benutzte Material weist annähernd die gleiche Widerstandsfähigkeit wie Mu-Metall auf. Die Stirnseite des Kopfes bleibt auch nach intensiver Benutzung glatt.

Wirksame Abschirmung

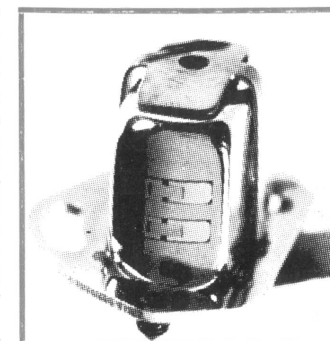
Da die Mu-Metallabschirmung einen Teil des Vorderteils des Kopfes umfasst, wird eine optimale Abschirmung gegen äussere Einflüsse erreicht. Eine erhebliche Brummreduzierung bei der Wiedergabe ist das Ergebnis. Das Mu-Metallvorderteil verbessert auch merklich das Übersprechen bei 4-Spur-Technik. Die Übersprechdämpfung ist frequenzabhängig und würde ohne Mu-Metallvorderteil nur 25—30 dB bei 50 Hz betragen. Das Übersprechen würde auch bei höheren Frequenzen schlechter. Wenn ein Mu-Metallvorderteil benutzt wird, wird die mittlere Spur magnetisch kurzgeschlossen und das Übersprechen wird um mehr als 20 dB ver-



Ingenieur Jan Randböl, verantwortlich für die Magnetkopfentwicklung.



Mechanik — Servo-Bremsen



bessert. Dies war eigentlich schon immer bei unseren Tonbandgeräten der Fall, so dass wir vergessen haben, dass die je ein Problem war.

Auch das Übersprechen zwischen den Kopfteilen wird durch das Mu-Metallvorderteil verbessert. Eine maximale Abschirmung zwischen den beiden Kopfteilen wird im Bereich des Kopfspalt- es erreicht. Hier ist die Abschirmung am wichtigsten. Das Mu-Metallvorderteil ist daher auch einer der Gründe für die ausgezeichneten Werte des Übersprechens zwischen den beiden Kanälen. Mit unseren Tonbandgeräten ist dadurch eine Mono-Wiedergabe ohne Übersprechen vom zweiten Kanal möglich. Ein weiterer Grund für die erhebliche Übersprechdämpfung liegt darin, dass die aus Mu-Metall gefertigten Rahmen für die beiden Kopfwicklungen nicht nur eine doppelte Abschirmung darstellen, sondern auch direkten Kontakt mit dem Kopf-Vorderteil haben. Diese Rahmen sind so ausgelegt, dass ein Eddy-Stromkreis zwischen den beiden Kopfhälften nicht auftreten kann; auch die Brummspannung wird dadurch reduziert. Das Ergebnis ist ein Kopf mit nahezu unerachteten Werten für Übersprechen und Brumm.

Geringer Umrissseffekt

Die im Inneren des Kopfes verwendeten Kernbleche haben eine Form, die einen minimalen Umrissseffekt ergeben. Das bedeutet, dass die irregulären Erscheinungen, die bei niedrigen Frequenzen und hoher Geschwindigkeit auftreten, sehr nie-

drig gehalten und dem Tonbandgerät angepasst sind. Eine Spitze bei Wiedergabe der unteren Grenzfrequenz von 30 Hz und 19 cm/s ist hierfür typisch und unterstreicht den hervorragenden Frequenzgang.

Stabilität und Widerstandsfähigkeit

Die eigentliche Konstruktion der Köpfe mit zwei, in einer sehr starren Halterung montierten Hälften, garantiert, dass die Kopfspalten genau übereinstimmen. Aufgrund der hervorragenden Qualität im oberen Frequenzbereich, ein Ergebnis der Tandberg Cross-Field-Technik, mussten die Toleranzen der Kopf-abmessungen sehr eng gehalten werden. Die Schleifmaschinen, die für die Kopfproduktion benutzt werden, wurden teilweise von uns selbst entwickelt, so dass wir eine wirkliche Kontrolle über die Spaltabmessungen haben. Probeweise haben wir sogar Köpfe mit einer Spaltbreite unter $0,5 \mu$ hergestellt! So konnten wir die optimale Spaltbreite für den vorgegebenen Kopf ohne Fertigungsprobleme auswählen. Der Spalt des Wiedergabekopfes, der in der Serie 6000X verwendet wird, hat eine Breite von ca. 2μ , was einen Spaltverlust von nur 4 dB bei 13 kHz und 19 cm/s Bandgeschwindigkeit ergibt! Alle Möglichkeiten der Tandberg Cross-Field-Technik werden dadurch voll genutzt. Der Aufnahmekopf hat eine Spaltbreite von 13μ , ebenfalls ein Optimum für die Cross-Field-Aufnahme-Technik! Es ist einleuchtend, dass die Spurbreite und der Spurbestand in engen

Toleranzen gehalten werden mussten. Die Kopfträgerplatte wurde ebenfalls verbessert, sie ist aus sehr stabilem Material gefertigt.

Löschkopf

Der Doppelspalt-Löschkopf ist aus Ferrit. Ohne Rücksicht auf die Bandsättigung konnten wir nach einem Löschvorgang nie Spuren einer früheren Aufnahme feststellen. Wir haben auch nie die Zunahme des Geräuschpegels eines gelöschten Bandes beobachtet. Damit steht ein Löschkopf zur Verfügung, der in magnetischer Hinsicht ideale Eigenschaften besitzt und theoretisch nicht weiter verbessert werden kann.

Vormagnetisierungskopf

Der Vormagnetisierungskopf ist völlig unsere eigene Konstruktion und der Schlüssel zu dem Erfolg, den wir mit der Tandberg Cross-Field-Technik erreicht haben. Wir wollen daher lieber nichts von seinen Geheimnissen und seinen wesentlichen Eigenschaften verraten. Dem Käufer gegenüber sprechen die erzielten Resultate jedoch für sich selbst.

Zusammenfassung

Wir schlossen unsere Ausführungen über die Elektronik mit der Behauptung ab, dass diese den Käufer in die Lage versetzt, eine Aufnahme unerreichter Qualität herzustellen. Nach dieser Abhandlung der Mechanik und der Köpfe glauben wir, dass jeder davon überzeugt ist, dass die Serie 6000X höchsten Anforderungen gerecht wird.

Modell den Ansprüchen des internationalen Marktes gerecht wurde.

Werkstoffe

Es zeigte sich, dass eine Vergrößerung der Gesamthöhe des Gerätes im Vergleich zu der Serie 6 nicht möglich war. Um die Serie 6000X niedriger erscheinen zu lassen, fanden wir es angebracht, die Gehäusehöhe zu reduzieren und die Abdeckung entsprechend zu vergrößern. Dies führte zu einem modernen Äusseren mit geraden

Linien und sauberen Kanten. Weil eine hohe Abdeckplatte dieser Form nicht aus einem Stück hergestellt werden konnte, entschlossen wir uns, sie in zwei gegossene Metallprofile und eine Kopfplatte aus zwei Stücken aufzuteilen. Die geteilte Abdeckplatte bietet den Vorteil, dass der Vorderteil, der die Bedienungsbezeichnungen trägt, für die Produktion spezieller Ausführungen leicht ausgetauscht werden kann. Das Teil ist aus elektropoliertem Aluminium hergestellt. Dieses ansprechende Material schafft Ähnlichkeit mit einem Regiepult und steht in gutem Kontrast zu dem mattschwarzen Spulenteilen, dem Rückteil und den Seitenprofilen. Um den Spulenteilen mehr Charakter zu geben, wurde die obere Schicht wieder entfernt, nachdem vorher schwarzer Mattlack aufgetragen wurde. Hierdurch kontrastiert das Aluminium gut mit dem schwarzen Untergrund. Bei Anbringung der Bedienungsbezeichnungen wurden diese mit Ätzlack im Siebdruckverfahren aufgebracht. Durch anschliessendes Einbrennen wird eine hervorragende Oberflächenhaftung mit grosser Abriebfestigkeit erreicht.

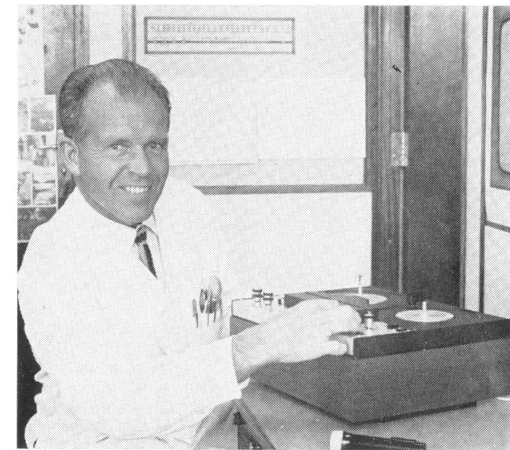
Gehäuse

Da die Abdeckplatte höher und der Metallboden mit einer Ausbuchtung, die gleichzeitig als Motorlager dient, versehen wurde, ist die Höhe des Gehäuses um 24 mm im Vergleich zur Serie 6 verringert. Das Gehäuse hat eine Stützfunktion mehr, es ist nur noch ein dekorativer Rahmen zur Verkleidung des selbsttragenden Chassis (s. Teil II Mechanische Ausführung). Das Gehäuse besteht aus einem Vorderteil und zwei Seitenteilen, die am Chassis mit 4 Kreuzschlitzschrauben befestigt sind. Es ist daher sehr einfach, das Gehäuse zu entfernen und es durch ein Gehäuse mit anderer Oberfläche zu ersetzen. Die Polyesterbeschichtung hat eine hervorragende Widerstandskraft gegen Wasser, Alkohol und andere Flüssigkeiten.

Knöpfe

Durch die Bearbeitung mit Diamantwerkzeugen haben die Aluminiumknöpfe für die Potentio-

Designer
Asbjørn Ollestad,
Leiter der Design-
Abteilung.



meter und der Bedienungshebel sehr glatte Oberflächen. Ein schmaler Ring aus ABS-Material rings um die Knöpfe herum verbessert die Griffbarkeit und erleichtert besonders die Bedienung der Doppelkontrollen. Die übrigen Knöpfe sind aus ABS-Material gegossen und mit einem lederartigen Überzug ausgestattet. Mit diesem Kontrast fügen sie sich gut in das Gesamtbild der vorderen Abdeckplatte ein.

Aufhängung

Wegen der starren Aufhängung des selbsttragenden Chassis bei der Serie 6000X muss die Funktion, Stöße abzufangen, gänzlich von den Füßen übernommen werden. Die Füße wurden auch für die Verwendung in senkrechter Lage entworfen. In diesem Fall ragen sie über den vorderen Teil der Frontplatte hinaus und haben damit eine hohe Standfestigkeit. Das Abfangen von Erschütterungen wird durch einen weichen Gummibelag an den Enden der Plastikfüsse erreicht, die ihrerseits wiederum mit Glasfaser verstärkt sind.

Anschlüsse

Alle Anschlüsse sind an der Rückseite des Tonbandgerätes untergebracht, ausgenommen Mikrofon- und Kopfhörerbuchsen. Das Anschlussfeld liegt normalerweise hinter einer abnehmbaren schwarzen Abdek-

kung. Diese muss beim Anschliessen abgenommen werden, hat aber andererseits den Vorteil, die Anschlusskabel zu verbergen, besonders dann, wenn das Tonbandgerät senkrecht betrieben wird.

Zubehör

Die spritzgegossene Abdeckhaube aus durchsichtigem grauschattierten Polycarbonat ist dem Tonbandgerät 6000X angepasst und bildet einen typischen Bestandteil des Tonbandgerätes. Wegen der geringen Höhe der Abdeckhaube mussten die Halterungen der Bandspulen niedriger gelegt werden. So passen auch sie sich besser in das allgemeine Styling ein.

Endergebnis

Wir sind davon überzeugt, dass wir mit der Serie 6000X ein Gerät geschaffen haben, das auch den anspruchvollsten Käufer zufriedenstellt.

TEIL IV Design

Es war unser Ziel, mit der guten alten Serie 6 als Ausgangsmodell eine neue Serie 6000X zu schaffen, die sich gleich auf den ersten Blick als ein typisches Tandberg-Tonbandgerät präsentieren sollte. Dennoch haben wir ein modernes Styling, sowie neues Material mit einer anderen Oberfläche vorgezogen. Eine Gewichtsverminderung und eine Reduzierung der Bauhöhe war ebenfalls ein Teilziel. Die anderen hauptsächlich Abmessungen mussten beibehalten werden. Wichtig war, dass das neue

NEU VON TANDBERG

April 1970

Redaktion: Rolf Pettersen

Herausgeber:

TANDBERGS RADIOFABRIKK A/S,
Oslo/NORWEGEN

Druck: Leif H. Andersen

TANDBERG HiFi-Stereo-Geräte

SCOTT®

Klangqualität kann man nicht erklären —
man muss sie erklingen lassen!



Musterstudio der syma electronic GmbH Nur Beratung — Kein Verkauf

Als Generalvertreter der Firmen Tandberg und Scott, die als Hersteller von HiFi-Anlagen und Tonbandgeräten absoluten Weltrang genießen, sehen wir es als eine unserer vornehmsten Aufgaben an, dem Musikkennner unsere High Fidelity — Anlagen im richtigen Rahmen zu demonstrieren. Vereinbaren Sie mit uns einen Termin und sie werden sich in unserem Musterstudio nicht nur von der Klangqualität und den Anwendungsmöglichkeiten unseres HiFi-Programms überzeugen können, sondern auch von Fachleuten alle Sie interessierenden Fragen beantwortet bekommen. Selbstverständlich ist auch jeder gute HiFi-Fachhändler in der Lage, Sie in gleicher Weise zu beraten und die für Sie geeignete Anlage zusammenzustellen. Kaufen können Sie Tandberg- und Scott-Geräte nur beim HiFi-Fachhandel.

syma

electronic

G M B H

SCOTT®

TANDBERG

Düsseldorf, Grafenberger Allee 39
Telefon: 02 11 / 68 27 88 u-68 27 89