

G. Slot VAN MICROFOON TOT OOR

Moderne geluidsopname en -weergavetechniek
Tweede uitgebreide uitgave
302 pagina's, 14,8×21 cm,
113 figuren en 31 foto's op
kunstdrukpapier

A. H. Bruinsma MULTIVIBRATOR SCHAKELINGEN

76 pagina's, 14,8×21 cm,
41 figuren

A. H. Bruinsma PRAKTISCHE ROBOT SCHAKELINGEN

144 pagina's, 14,8×21 cm,
53 figuren, 8 pagina's foto's op
kunstdrukpapier en 4 uitslag-
bladen

Harley Carter INLEIDING TOT DE KATODESTRAALOSCILLOSKOOP

138 pagina's, 14,8×21 cm,
99 figuren en 3 uitslagbladen

D. J. W. Sjobbema SCHAKELEN MET TRANSISTORS

128 pagina's, 14,8×21 cm,
119 figuren

Dr R. Kretzmann DE ELEKTRO- NENTECHNIEK IN DE INDU- STRIE

Tweede uitgebreide uitgave
340 pagina's, 15,5×23,5 cm,
338 figuren

Dipl.-Ing. P. Cornelius SAMEN- VATTING DER ELEKTRICI- TEITSLEER volgens het Giorgistelsel

Derde herziene uitgave
196 pagina's, 15,5×23,5 cm,
28 figuren



D. A. SNEL
MAGNETISCHE GELUIDSREGISTRATIE

MAGNETISCHE GELUIDSREGISTRATIE

Theorie en praktijk
van het opnemen
en weergeven

PHILIPS TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

Derde uitgebreide druk

Apparaten die langs mag-
netische weg geluid registre-
ren vindt men heden ten
dage zowel in de huiskamer
als in een kunstmaan
Men legt niet alleen een ge-
sprek of muziekstuk vast
maar ook de gedragingen
van een proefdraaiende
motor of de meting van een
ruimtesatelliet.

Het doel van dit boek is
enerzijds een inzicht te geven
in het hoe en het waarom
van magnetische registratie
en anderzijds uitvoerig de
verschillende gebruiksmoge-
lijkheden van recorders te
bespreken.

Bijzondere aandacht is be-
steed aan de mechanische en
elektronische constructie van
eenvoudige recorders.

In deze meer uitgebreide
druk is de stereofonische op-
neem- en weergeeftechniek
uitvoeriger opgenomen.

Ook al zullen in de toe-
komst de omvang en de band-
snelheid van recorders moge-
lijk belangrijke wijzigingen
ondergaan, omdat men nog
steeds probeert de band, de
magneetkoppen en het trans-
portmechanisme te verbete-
ren, dan zullen toch de
grondslagen van theorie en
praktijk niet noemenswaard
veranderen. Dit boek zal dan
ook in vele jaren geen grote
wijzigingen ondergaan.

D. A. SNEEL. - MAGNETISCHE GELUIDSREGISTRATIE

**MAGNETISCHE
GELUIDSREGISTRATIE**



N.V. UITGEVERSMAATSCHAPPIJ CENTREX
EINDHOVEN

MAGNETISCHE GELUIDSREGISTRATIE

THEORIE EN PRACTIJK VAN
HET OPNEMEN EN WEERGEVEN

DOOR

D. A. SNEL

1961

Derde uitgebreide en verbeterde druk

PHILIPS TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

Mededeling van de uitgever

Dit boek wordt uitgegeven in het Nederlands, Duits, Engels, Frans en Spaans.

Dit boek bevat 240 pagina's en 162 figuren in de tekst
en 37 buitentekst-foto's.

U.D.C. Nr. 681.846.7: 621.395.625.3

© N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken - Eindhoven (Nederland) - 1961
Nadruk ook gedeeltelijk, verboden

Eerste druk 1958
Tweede uitgebreide en verbeterde druk 1959
Derde uitgebreide en verbeterde druk 1961

Gedrukt in Nederland

Vermelding van gegevens in dit boek impliceert geen vrijdom van octrooirechten

WOORD VOORAF

Hoewel het langs magnetische weg registreren van geluiden en andere impulsen pas sinds 1946 op grotere schaal plaatsvindt, treft men heden ten dage de apparaten, die volgens dit principe werken aan in huiskamers zowel als in kunstmanen! Zij worden hoofdzakelijk gebruikt voor het opnemen en weergeven van spraak en muziek en vinden verder steeds meer toepassing voor het produceren van achtergrondgeluiden bij hoorspelen en toneelstukken, voor het opnemen van gesproken brieven en contrôle-signalen, voor het registreren van radar- en televisiebeelden, voor het vastleggen van communicaties met vliegtuigen, de gedragingen van proefdraaiende motoren en zelfs van de metingen in ruimtesatellieten.

Terwijl de bedoeling van het registreren is, gegevens vast te leggen, is, behalve het feit dat deze registraties zonder verdere verwerking zijn weer te geven, het vooral de mogelijkheid van het gemakkelijk „uitwissen” der banden, die de magnetische opneemmethode zo populair heeft gemaakt. De ontwikkeling van de technische hoedanigheden en de kennis der toepassingen hebben hier wel enorm snel voortgang gemaakt.

Indien het mogelijk zou blijken, de band, de magneetkoppen en het transportmechanisme nog verder te verbeteren, kan de apparatuur in de toekomst vooral wat omvang en bandsnelheid betreft, nog belangrijke wijzigingen ondergaan, maar de grondslagen van theorie en praktijk zullen hierdoor niet noemenswaard veranderen.

Ondanks het feit, dat magnetisme een van de natuurverschijnselen is, die reeds in de oudheid bekend waren, kan men zeggen dat er rond het hoe en waarom van de magnetische registratiemethode steeds een waas van geheimzinnigheid is blijven hangen. Het doel van dit boek is enerzijds, dit waas iets te doen optrekken en anderzijds, de gebruiksmogelijkheden van de recorders in het algemeen wat meer onder de aandacht te brengen.

Aan de mechanische en electronische constructie van eenvoudige recorders is daarom bijzondere aandacht besteed. Professionele apparaten zijn slechts oppervlakkig beschreven, omdat deze buiten het kader van dit werk vallen en stof leveren voor een aparte behandeling.

Ik dank hierbij de Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft en de firma Lorenz in Duitsland, Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd. in Engeland en de Ampex Corporation en de Minnesota Mining and Manufacturing in de Verenigde Staten voor het beschikbaar stellen van fotomateriaal. Het is begrijpelijk, dat het verdere fotomateriaal en de gegevens omtrent de beschreven apparaten van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken afkomstig zijn, maar zonder meer is de beschreven theorie en praktijk ook toe te passen op andere fabrikaten.

Tot slot wil ik de Heer D. W. Bilderbeek danken voor het vele werk, dat hij heeft verricht met de verzorging van het redactionele gedeelte van dit boek en de Heer C. G. Nijsen, die mij veel gegevens beschikbaar stelde voor het samenstellen van de hoofdstukken over Toepassingsmogelijkheden, Algemeen Onderwijs en Muziekstudie.

De auteur is zich ervan bewust, dat vakkundige lezers hier en daar opbouwende critiek zullen hebben en hij zal steeds ontvankelijk zijn voor hun op- of aanmerkingen.

D. A. SNEL

WOORD VOORAF BIJ DE TWEDE DRUK

Het is prettig, reeds enkele maanden na het verschijnen van de eerste druk van dit boek een herdruk te kunnen verzorgen. Dit is immers een bewijs, dat de magnetische recording zich in het middelpunt van de belangstelling bevindt en dat bij de gebruikers interesse bestaat voor het hoe en waarom van deze magische maar ook uiterst perfecte wijze van opnemen en weergeven van geluid.

In de magnetische opneemtechniek zijn er inmiddels tekenen waar te nemen, die wijzen in de richting van stereofonische registratie. Vooral indien de vier-sporen techniek gaat worden toegepast, zal dit leiden tot een besparing op het verbruik van band, hetgeen voor de gebruiker in de niet-professionele sector uiteraard van belang is. Dan is het zelfs niet uitgesloten, dat vrij goedkope stereo-muziekbanden binnen het bereik van het publiek zullen vallen, waardoor de stereorecorder als afspeelmachine nog aantrekkelijker zal worden.

Om deze redenen is het hoofdstuk „Naar betere kwaliteit” uitgebreid met een verhandeling over stereofonische opneem- en weergeeftechniek, en is de oude titel van dit hoofdstuk gewijzigd in „Stereofonie”.

Januari 1959

De auteur

VOORWOORD BIJ DE DERDE DRUK

In deze uitgave zijn enkele hoofdstukken uitgebreid en 12 nieuwe figuren toegevoegd.

D. A. SNEL

INHOUD

Woord vooraf	V
I. Inleiding	1
Toepassingsgebieden	2
II. Het geluid vastgelegd	4
Geluidstrillingen	4
Het waarnemen van geluid	8
„Onhoorbaar geluid”	13
Geschiedenis van het magnetisme	14
Magnetisch geluid	15
Het Philips-Miller systeem	19
III. Recorders voor de huiskamer	21
De belangrijkste onderdelen van een recorder	26
IV. Magnetisme en elektriciteit	28
Magnetisme	28
Magnetische velden	29
Het magnetisch veld van een stroomgeleider	31
Elektromagneten	33
V. Inleiding tot het magnetiseringsproces	36
Geschematiseerde magnetiseringskromme	37
Werkelijke magnetiseringskromme	38
Hysteresisverliezen	39
Het magnetisch circuit	39
Een geleider in een bewegend magnetisch veld van constante sterkte	41
Een geleider in een magnetisch veld van veranderlijke sterkte	42
Wervelstroomverliezen	43
VI. Het magnetiseringsproces	44
Het opneemproces	48
Voormagnetiseren met behulp van gelijkstroom	49
Voormagnetiseren met een hoge frequentie	49
Het opneemproces zoals het in de praktijk verloopt	50
Het wissen	53
Kopiereffect	54

	Geruisverschijnselen	55
	Nulgeruis	56
	Modulatiegeruis	56
VII.	Het mechanisme van de recorder	58
	Het band-aandrijfmechanisme	62
	Het opwikkelmechanisme	70
	Tweerichtingsrecorders	75
VIII.	Band en koppen	77
IX.	Magnetische koppen	78
	De wiskop	79
	Het wissen met behulp van gelijkstroom	79
	Wisselveldwissen	81
	De opneem/weergeefkop	82
	De spoel	84
	De afscherming	85
	Combinatie van wis- en opneem/weergeefkop	86
	Kruisrecording	87
X.	Magnetisch band	88
	Homogeen band	90
	Tweelagenband	91
	Kwaliteitseisen	92
	Fabricage	93
	Glad oppervlak	95
	Hechting van de laag	97
	Statische lading	98
	Gelijkmatige uitgangsgevoeligheid en gering geruis	98
	Soepelheid	99
	Frequentiekaracteristiek van magnetisch band	99
	Het instellen van de voormagnetiseringsstroom voor een bepaalde soort band	102
	Tweesporenregistratie	104
	Vier sporen registratie	105
XI.	Het versterkergedeelte	107
	De opneemversterker	107
	De weergeefversterker	109
	Gecombineerde opneem- en weergeefversterker	111
	De modulatie-indicator	112
	De hf-oscillator	112
	Het voedingsgedeelte	113

XII. Luidsprekers	114
Invloed van een klankbord op de weergave	116
Invloed van de klankkast op de weergave	117
Bas-reflex kast	117
Het richteffect van de luidspreker	119
Vervorming	119
Luidsprekercombinaties	120
XIII. Microfoons	121
Koolmicrofoons	121
Kristalmicrofoons	121
Elektrodynamische microfoons	122
Bandmicrofoons	122
Condensatormicrofoons	123
Belangrijkste eigenschappen	123
XIV. Het opnemen in de praktijk	126
Opnemen en weergeven van spraak	127
Het opnemen van radioprogramma's, grammofoonmuziek en grammofoonmuziek met spraak	128
Het opnemen van een zangstem zonder begeleiding	130
Zangstemmen met begeleiding	131
Strijkinstrumenten	131
Blaasinstrumenten	132
Solo-piano	133
Harmonium	133
Harmonika en accordeon	133
Vocale of instrumentale solo met grammofoonmuziek	134
Het begeleiden van zichzelf in twee etappes	134
Grote orgels	134
Conversatie	134
Hoorspelen	135
Geluidseffecten	136
Kerkdiensten, Huwelijksplechtigheden, e.d.	137
Feesten	138
Orkesten	138
Instrumenten met elektronische versterking	139
Telefoongesprekken	140
XV. Het weergeven in de praktijk	141
Weergave via de ingebouwde luidspreker	141
Het weergeven via een radio-ontvanger	142

	Het weergeven via een extra-luidspreker	142
	Het weergeven via een "high-fidelity" installatie	142
	Het weergeven via een versterkinstallatie	143
XVI.	De dicteermachine	144
XVII.	Stereofonie	148
	Naar betere kwaliteit	148
	Stereofonie	148
	Microfoons met kogelkarakteristiek	152
	Microfoons met gelijke richtingsgevoeligheid	153
	Microfoons met verschillende richtingskarakteristieken	154
	De recorder voor het opnemen en weergeven van stereofonisch geluid	154
	De luidsprekeropstelling voor stereofonische weergave	155
	Koppen in lijn of verschoven	158
	Diffuse nagalm	159
XVIII.	Amateurfilms met magnetisch geluid	160
	Niet zuiver synchroon geluid	160
	Praktisch synchroon, niet-automatisch geregeld geluid	161
	Automatisch synchroon geluid	162
	Het nasynchroniseren in de praktijk	165
XIX.	Storingen	168
XX.	Professionele apparatuur	172
	Grammofoonplatenstudio's	172
	Omroepstudio's	173
	Nasynchronisatiestudio's	173
	Synchroonrecorders	174
	Nagalmapparatuur	174
	Enige andere toepassingen	176
	Magnetisch vastleggen van beelden	176
XXI.	Toepassingsmogelijkheden	177
	<i>Muziekrepertoire</i>	<i>177</i>
	<i>„Uitgestelde" programma's</i>	<i>177</i>
	<i>Familie-geluidsalbum</i>	<i>177</i>
	<i>De bandrecorder als „leesapparaat" voor Blinden</i>	<i>177</i>
	<i>Voor zieken</i>	<i>178</i>
	<i>Zelf complete programma's maken</i>	<i>178</i>
	<i>Geluid bij amateurfilms</i>	<i>178</i>
	<i>Geluid bij diaprojectie</i>	<i>179</i>
	<i>Goed leren spreken</i>	<i>179</i>

<i>Talenstudie</i>	179
<i>Zang- en toneelstudie</i>	179
<i>Muzieklessen</i>	180
<i>Op reis</i>	180
<i>De vrouw des huizes</i>	180
<i>De heer des huizes</i>	180
<i>De kinderen</i>	180
<i>Studeren terwijl men slaapt</i>	181
Gerubriceerde toepassingen van niet-professionele recorders	181
XXII. Algemeen onderwijs en muziekstudie	189
<i>Taalonderwijs</i>	191
<i>Geschiedenis en staatsinrichting</i>	191
<i>Aardrijkskunde</i>	191
<i>Natuurlijke historie</i>	191
<i>Zang- en muzieklessen</i>	191
<i>Lessen in machineschrijven</i>	191
<i>Audio-visuele hulpmiddelen</i>	192
<i>Jeugdhoorspel</i>	192
<i>Schoolradio</i>	192
<i>Landelijke uitwisseling</i>	192
<i>Internationale uitwisseling</i>	192
<i>Waardering van schoolresultaten</i>	193
<i>Diverse doeleinden</i>	193
Muziekstudie	193
<i>Zelfstudie</i>	193
<i>Het instuderen van een solopartij voor concerten</i>	194
<i>Ensemble-spel</i>	194
<i>Het bestrijden van plankenkoorts</i>	194
<i>Radio-opname</i>	195
<i>Evaluatiestudie</i>	195
<i>Beginnelingen</i>	195
<i>Gevorderden</i>	196
<i>Vakleerlingen</i>	197
XXIII. Diversen	198
Het aansluiten van een recorder aan een radio-ontvanger	198
Het voeden van een recorder voor wisselspanning uit gelijkspanning	200
Het lussen van magneetbanden	200

Het meten van gejengel en kanariën	201
Het meten van stoorgeluiden (geruis)	201
Eindloze band	202
Enige opmerkingen over geluidsisolatie en over materialen ter verbetering van de akoustische eigenschappen van een ruimte	203
Verklaring van een aantal termen	206
Index	217

I. INLEIDING

De registratie van het geluid wijkt op één kardinaal punt sterk af van die van het beeld, zoals wij die kennen uit de fotografie en de cinematografie. De fotografie is begonnen met het maken van een opname op een bepaald moment en heeft zich later uitgebreid tot de cinematografie, die in wezen niets anders is dan een snelle opeenvolging van momentopnamen.

Het „lichtbeeld” wordt vastgelegd in een vlak; de tijd van beschouwing ervan is van geen duidelijke invloed op de waarneming met het oog. Bij geluid daarentegen is de tijd een essentiële factor: een momentopname van „een geluid” is op theoretische gronden een onmogelijkheid. De registratie en reproductie van geluid zullen dus continu moeten zijn, willen zij enige praktische zin hebben. In de loop der ontwikkeling van de geluidsregistratie zijn verschillende methodes in zwang gekomen, waarvan er verscheidene nu nog in normaal gebruik zijn.

De magnetische registratie is thans de meest verbreide, en zij dankt dit aan de betrekkelijke eenvoud van haar systeem. Deze eenvoud bracht als bijkomstig, maar langzamerhand zeer belangrijk, voordeel met zich mee, dat er eindelijk een systeem bestond dat zich leende voor gebruik door amateurs.

Bij magnetische registratie worden geluidstrillingen omgezet in elektrische stroompjes, die op hun beurt in een elektromagneet magnetische impulsen opwekken (Fig. 1). Op een magnetisch gevoelige band, die met een constante snelheid langs deze magneet wordt gevoerd, ontstaat nu een magnetisch patroon.

Dit patroon kan later dienen voor het weergeven van het geluid, en wel door omkering van het principe van het opnemen: de band loopt langs de magneet, die de verschillende impulsen omzet in elektrische stroompjes, welke vervolgens in een luidspreker in geluidstrillingen worden getransformeerd.

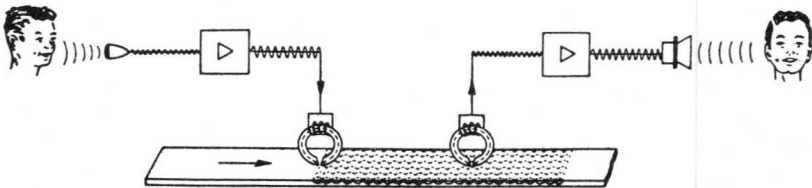


Fig. 1. Schematische voorstelling van het magnetische opneem- en weergeefproces. Van links naar rechts: luchttrillingen – microfoon-zwakke elektrische wisselstroompjes – opneemversterker – sterke elektrische wisselstroompjes – opneemkop – magnetische band met magnetische registratieweergeefkop – zwakke elektrische wisselstroompjes – weergeefversterker – sterke elektrische wisselstroompjes – luidspreker – luchttrillingen.

Toepassingsgebieden

De eerste instelling die magnetische geluidsapparaten in dagelijks gebruik nam, was de radio-omroep. Het is tegenwoordig zo gesteld, dat elke radio-studio recorders heeft, en dat in vele landen het grootste gedeelte van de programma's magnetisch wordt opgenomen en weergegeven.

Toen het systeem steeds beter werd, gingen ook grammofoonplatenmaatschappijen er toe over, haar „supermaster” opnamen op band te maken.

Langzamerhand begonnen eveneens de filmproducenten de voordelen van dit systeem in te zien. Aanvankelijk pasten zij het alleen toe als tussen-procédé voor films met fotografische geluidsweergave, maar sinds 1952, het jaar waarin „Cinerama” haar intrede deed, worden steeds meer films met magnetisch geluid in omloop gebracht. Amateur-cineasten beginnen het voorbeeld van hun beroepscollega's te volgen. Zij voorzien hun smal-films soms van magnetisch opgenomen en weergegeven commentaar en achtergrondmuziek, al zijn de methodes die zij daarbij volgen uiteraard veel eenvoudiger en minder kostbaar.

De recorder heeft voorts een nieuwe categorie hobbyisten in het leven geroepen: die van de geluidsamateurs. De overgang van het geluid-amateurisme naar de wereld van de moderne mens die het zelf opnemen en weergeven van geluid als een normale levensbehoefte beschouwt, verloopt zeer snel. Het aantal recorders voor huiskamergebruik neemt dan ook hand over hand toe. De magnetische dicteermachine heeft na de tweede wereldoorlog de andere types vrijwel verdrongen. Haar grote voordelen zijn namelijk: de eenvoudige correctie van versprekingen en het geringe materiaalverbruik.

Wij zullen de meer gespecialiseerde toepassingen in dit boek slechts terloops behandelen. Volledigheidshalve zijn hier nog te noemen: het tegelijkertijd registreren van meer dan één geluidsspoor op één band, zoals op vliegvelden; het produceren van geluidseffecten, zoals bij radio-uitzendingen, grammofoonopnamen en voor de verbetering van zaal-akoestiek; het onthouden van tussentijdse uitkomsten in elektronische rekenmachines; het automatisch regelen van arbeidsprocessen; het opnemen en weergeven van *beeld* en *geluid*, o.a. voor televisie-uitzendingen.

De opvallende popularisering van de magnetische geluidstechniek na de tweede wereldoorlog – en meer in het bijzonder na 1950 – is grotendeels te danken aan de verbetering van de eigenschappen der magneetkoppelen en van het band. Ter vergelijking moge dienen dat men omstreeks 1935 om een geluid te verkrijgen gelijk aan dat van een goed radio-

toestel, ongeveer 50 × zoveel band nodig had als thans. Deze popularisering bracht op haar beurt een opbloei van de takken van industrie die zich bezig houden met de fabricage van recorders en band, wat weer geleid heeft tot betere productiemethodes en daarmee gepaard gaande prijsverlagingen.

II HET GELUID VASTGELEGD

Geluid is, evenals vele andere natuurkundige verschijnselen, een trilling.

Het voor de mens hoorbare geluid bestaat uit luchttrillingen die in het middenoor het trommelvlies in trilling brengen. Dit vlies brengt via hamer,

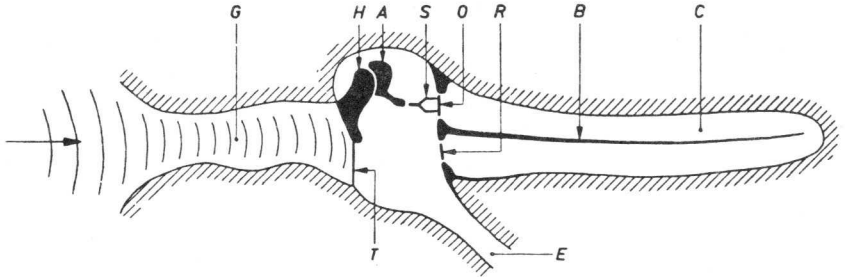


Fig. 2 Schematische voorstelling van het oor. G. Gehoorgang, T. Trommelvlies, H. Hamer, A. Aambeeld, S. Stijgbeugel, O. Ovaal venster, C. Slakkenhuis met vloeistof (in uitgerolde toestand getekend), B. Gehoorzenuw, R. Rond venster, E. Buis van Eustachius.

aambeeld en stijgbeugel zijn trilling over naar het slakkenhuis. Hierin monden een groot aantal gehoorzenuwen uit, die elk een gedeelte van het geluid naar de hersenen overbrengen (Fig. 2).

Geluidstrillingen

Een eenvoudige geluidsbron is een aan één zijde ingeklemde breinaald die in trilling wordt gebracht. We nemen voor het gemak aan dat de trilling niet gedempt wordt, men zal dan bemerken, dat een verkorting van het vrij trillende uiteinde het aantal trillingen per seconde doet toenemen, hetgeen zich tevens uit in een hogere toon.

Zouden wij een schrijfstiftje aan het uiteinde van de naald bevestigen en een strook papier met constante snelheid langs dit stiftje bewegen, dan krijgt men figuren als weergegeven in Fig. 3. Fig. 3a stelt een hoge toon voor, die is veroorzaakt door een korte breinaald; Fig. 3b een lage toon van een langere naald.

Brengen wij de naald zwakker in trilling, dan ontstaan een zachte toon en een kleine uitslag op het papier (Fig. 3c); een toon van gelijke hoogte, maar van grotere sterkte vindt men in Fig. 3d.

Indien men van een bepaalde toon gedurende één seconde het trillingsbeeld opneemt, zal men steeds eenzelfde aantal golven opgetekend zien, onafhankelijk van de sterkte van de toon. Hieruit blijkt dus dat men de toonhoogte kan aangeven met het aantal trillingen per seconde.



Foto 1. Valdemar Poulsen, een Deens ingenieur, de uitvinder van magnetische recording, werkte in Kopenhagen bij de Telefoonmaatschappij. Hij overleed in 1942.

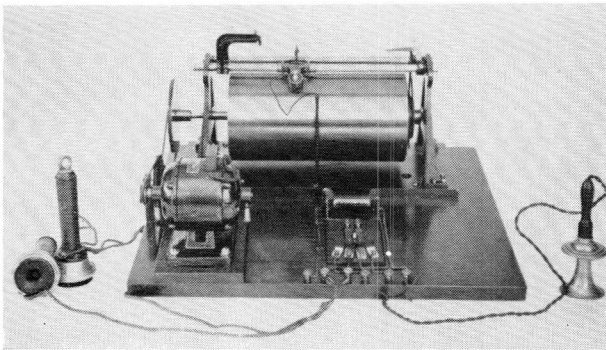


Foto 2. De „Telegraphon” van Valdemar Poulsen, uit 1898. Om de trommel met een constante snelheid aan te drijven, is de „Telegraphon” voorzien van een elektromotor. Op de trommel bevindt zich een spiraalvormig gewikkelde staaldraad. De transportschroef die de magneetkop langzaam langs de draaiende trommel beweegt, is in deze uitvoering reeds aanwezig.
De eerste „Telegraphon” van Poulsen had een verticale trommel en was waarschijnlijk niet elektrisch aangedreven,

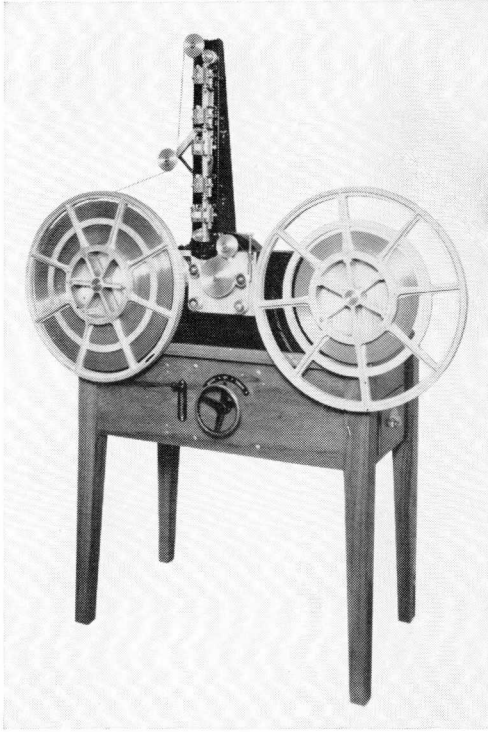


Foto 3. Een magnetische recorder van Marconi-Stille uit het jaar 1934, met 5 magneetkoppen. De transportrol voor het met constante snelheid transporteren van de staalband ziet men tussen de grote bandspoulen. Om slip te voorkomen, wordt met behulp van een gevlochten touwriem de transportrol gedrukt.

(werkfoto Marconi)

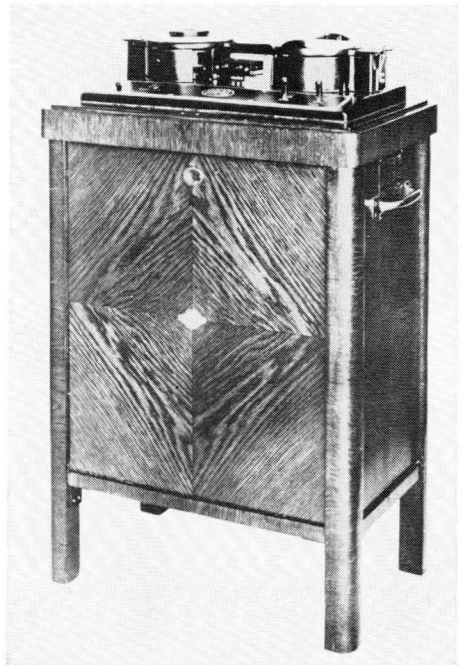


Foto 4. De „Textophon” van Lorenz omstreeks 1933.
(werkfoto C. Lorenz A.G.)

Men noemt dit getal de frequentie van een toon en gebruikt hiervoor meestal het symbool f . De eenheid van frequentie – één trilling per seconde – is de *hertz* (Hz), in de Engels-Amerikaanse vaktaal *cycle per second* (c.p.s. of c/s).

Aangezien het trillen van de breinaald hoorbaar is, planten de trillingen zich blijkbaar in alle richtingen door de lucht voort. Trillingen kunnen zich door alle vaste stoffen, vloeistoffen en gassen in mindere of meerdere mate voortplanten. (Voortplantingssnelheid van geluidstrillingen in: ijzer: 5100 m/s; zilver: 2700 m/s; lood: 1200 m/s; water: 1500 m/s; benzine:

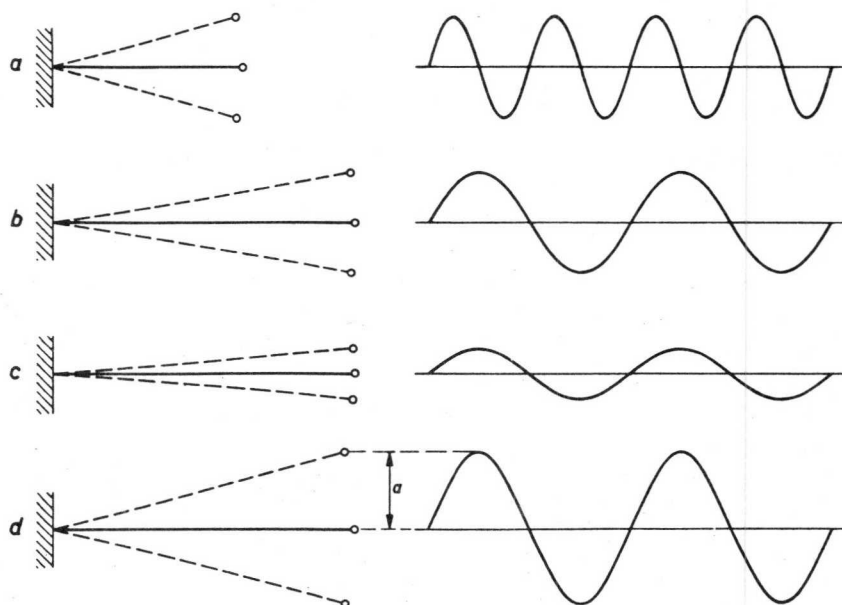


Fig. 3. Een ingeklemde trillende breinaald als eenvoudige geluidsbron. *a*. Korte naald geeft hoge tonen, *b*. Lange naald geeft lage tonen, *c*. Kleine uitslag geeft zachte tonen, *d*. Grote uitslag geeft luide tonen. De grootte van de uitslag ten opzichte van de evenwichtstoestand wordt „amplitude” a genoemd.

1170 m/s; waterstof: 1300 m/s; helium: 970 m/s; lucht: 343 m/s; chloroform (damp): 154 m/s. Wij zullen ons tot lucht als voortplantingsmedium bepalen.

De voortplantingssnelheid van geluid in lucht bedraagt ongeveer 343 m/s en wordt aangeduid met c . Door het trillen van de breinaald ontstaan in de lucht verdichtingen en verdunningen, die overeenkomen met de trillingsfiguur die wij op het bewegende papier hebben opgetekend.

De afstand tussen twee opeenvolgende luchtverdichtingen of -verdunningen noemt men de golflengte λ (de lambda uit het Griekse alfabet) (Fig. 4); de golflengte wordt meestal uitgedrukt in meter (m). De tijd die

nodig is om de lucht eenmaal te verdichten en te verdunnen wordt de periode T genoemd.

In de natuurkunde geldt de wet

afgelegde weg = snelheid \times tijdsduur van een golf, dus

$$\lambda = c \times T \text{ meter.}$$

$$\text{Aangezien } T = \frac{1}{f}, \text{ is}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ meter.}$$

c = Snelheid in meter per sec.

f = frequentie van de trilling

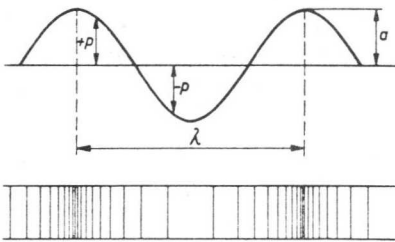


Fig. 4. Schematische voorstelling van een drukgolf. a maximale druk, $+p$ luchtverdichting, $-p$ luchtverdunning, λ golflengte.

Ons gehoor kan in het gunstigste geval geluidstrillingen van 20—20 000 Hz waarnemen, d.w.z. het gebied van geluidsgolflengten tussen 17,2 m

en 17,2 mm. Bij het vorderen van de leeftijd van de waarnemer wordt diens oor ongevoeliger voor hogere frequenties. Bij een 50-jarige is de waarneming van frequenties tot 4000 Hz nog normaal, maar daarboven neemt de gevoeligheid van zijn gehoor sterk af. Hij zal bijvoorbeeld een geluid van 8000 Hz ongeveer acht maal zo zwak waarnemen als in zijn jeugd. Een 60-jarige zal deze toon zelfs ongeveer dertig maal zo zwak horen. De Amerikanen Fletcher en Munson hebben zeer interessante waarnemingen gedaan over de gevoeligheid van het menselijk oor en het frequentiegebied dat het in staat is waar te nemen.

De eenheid van geluidssterkte is de fon. Per definitie komt een geluidsdruk van $0,1 \text{ N/m}^2$ (= 1 dyne/cm^2) overeen met een geluidssterkte van 74 fon bij een toon van 1000 Hz. ($\text{N} = \text{Newton}$). $0,1 \text{ N/m}^2$ (= $1 \text{ dyne/cm}^2 = 1 \text{ microbar}$) is tevens de geluidsdruk die ontstaat op een afstand van 1 meter van een met normale stemsterkte sprekende man. Het eigenaardige feit doet zich voor, dat normale stemsterkten van de meeste mannelijke personen praktisch aan elkaar gelijk zijn.

Aangezien onze geluidswaarneming logaritmisch verloopt, is ook de fonschaal logaritmisch gekozen. Deze schaal begint met 0 fon bij de gehoordrempel, d.w.z. het voor de gemiddelde mens zwakste, nog waarneembare geluid.

De bovenste waarde ligt bij 130 fon, de z.g. pijngrens, d.i. de geluidssterkte waarbij de gehoorwaarneming overgaat in een gewaarwording van pijn. Deze waarden zijn eveneens gebaseerd op een toon van 1000 Hz (Fig. 5).

Tussen de zojuist genoemde uitersten kunnen wij als voorbeeld de volgende geluidssterkten geven:

0 fon	—	gehoordrempel
20—30 fon	—	tikken van een klok, gefluister
40—50 fon	—	privékantoor, scheuren van papier
50—65 fon	—	conversatie, straatverkeer
50—70 fon	—	groot kantoor
40—80 fon	—	restaurants, luid roepen, coupé ondergrondse
25—95 fon	—	groot orkest
100 fon	—	motorfiets
120 fon	—	vliegtuig, 3 meter verwijderd
130 fon	—	pijngrens

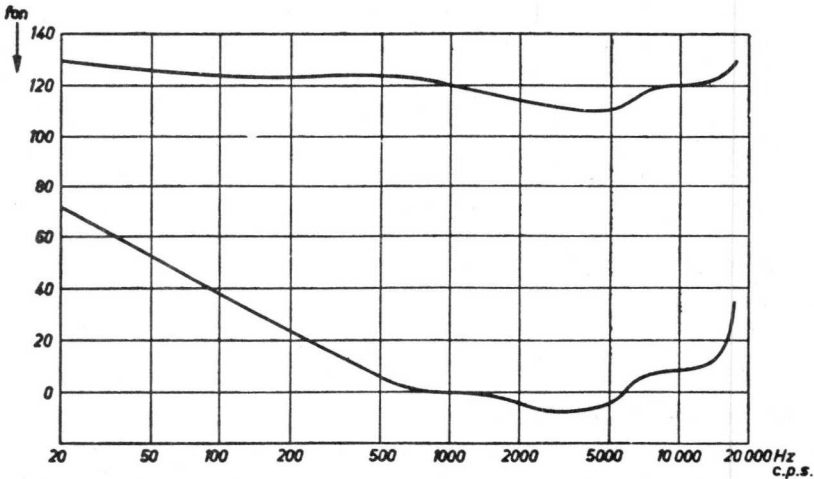


Fig. 5. Fletcher kromme. De bovenste lijn ligt juist onder de pijngrens, de onderste lijn geeft de gehoordrempel weer. Bij 1000 Hz is als gehoordrempel 0 fon gekozen. Duidelijk blijkt de afname van de gevoeligheid van het oor voor lage tonen bij afnemende geluidsintensiteit.

Om de verhouding (a) tussen twee geluidssterkten, N_1 en N_2 , aan te geven, heeft men als eenheid de *bel* (B) ingevoerd. Doordat deze waarde in de praktijk te groot bleek, ging men naderhand over op de 10 maal kleinere *decibel* (dB). De decibel-schaal verloopt evenals de fon-schaal logaritmisch.

$$\text{Zo zal dus } a = 10 \log \frac{N_2}{N_1} \text{ dB zijn.}$$

Ten gevolge van het logaritmische gedrag zal de verhouding van een sterke tot een zwakke toon positief zijn en van een zwakke tot een sterke negatief.

De decibel kan, behalve de verhouding tussen twee geluidssterkten ook die tussen twee elektrische vermogens aangeven. Er bestaat een kwadratisch verband tussen geluidsdruk en geluidssnelheid (sterkte), en tussen elektrisch vermogen (watt) en elektrische stroom of spanning. Zo kan voor de geluidssterkte N worden gezet:

$$N = p \cdot v = \frac{p^2}{\rho c}, = \rho c v^2, \text{ waarin:}$$

p = druk, v = snelheid, ρ = dichtheid van de lucht (densiteit). c = voortplantingssnelheid (voor lucht c = ongeveer 343 m per sec.).

Het elektrisch vermogen kan als volgt worden uitgedrukt:

$$P = u \cdot i = \frac{u^2}{R} = i^2 \cdot R, \text{ waarin:}$$

R = weerstand, u = spanning, i = stroom.

Als gevolg hiervan wordt de verhouding tussen twee geluidsdrukken:

$$a = 20 \log \frac{p_1}{p_2} \text{ dB,}$$

tussen twee spanningen:

$$a = 20 \log \frac{u_1}{u_2} \text{ dB,}$$

en tussen twee stromen:

$$a = 20 \log \frac{i_1}{i_2} \text{ dB.}$$

Het waarnemen van geluid

In Fig. 5 is, in navolging van Fletcher en Munson, de hoorbare sterkte bij een constant geluidsniveau uitgezet als functie van de frequentie. Hieruit blijkt, dat bij een vermindering van de geluidssterkte, de verhouding tussen de lage en de middenfrequenties voor het gehoor lijkt te veranderen ten nadele van de lage frequenties. Het verschil kan zelfs 60 dB bedragen, wat overeenkomt met een factor 1 000 000. Dit verklaart waarom natuurgetrouwe weergave van een muziekstuk alleen mogelijk is als de geluidssterkte dezelfde is als bij de originele uitvoering. Is de weergave zachter – wat in de praktijk vaak zal voorkomen – dan zullen de bassen, vergeleken met de frequenties tussen 1000 en 5000 Hz, te zwak worden waargenomen.

Ter correctie van deze eigenschap van het menselijk oor is bij sommige recorders en radio-ontvangers de geluidssterkteregelknop voorzien van een lage tonen compensatie. Hierdoor worden, bij het zwakker regelen van het geluid, de bassen in verhouding tot de overige tonen minder verzwakt,

en geschiedt bij sterker regelen het omgekeerde. Men noemt dit *physiologische regeling*. Uit Fig. 6 blijkt verder, dat ons oor in staat is geluidsindrukken te verwerken die een intensiteitsverschil van 120 dB hebben, wat overeenkomt met een verhouding van op 10^{12} .

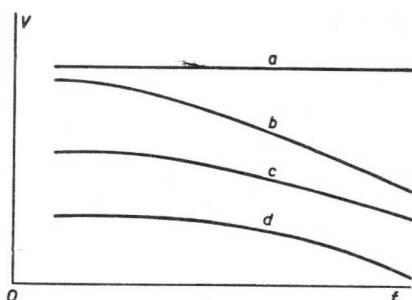


Fig. 6. Grafische voorstelling van de werking van de physiologische regeling. v volume, f frequentie, a maximaal volume, b $\frac{3}{4}$ volume, c half volume, d kwart volume.

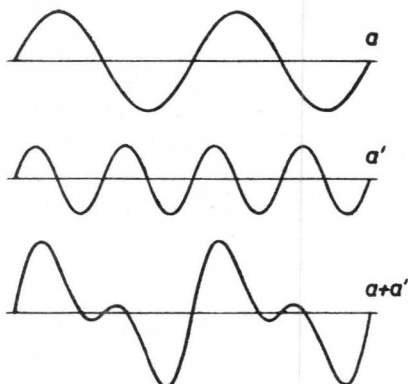


Fig. 7. Samengestelde toon. De toon is samengesteld uit de grondtonen $a + a'$. De frequentie voor toon a' is tweemaal zo hoog als die van toon a . a' is de eerste harmonische van a .

De indruk die een bepaald geluid via onze oren op onze hersenen maakt, hangt van verscheidene omstandigheden af.

Een toon bestaat namelijk praktisch nooit uit een enkelvoudige (sinusvormige) trilling, zoals wij bij de breinaald hadden aangenomen, maar uit een mengsel van sinusvormige trillingen. Hierbij noemt men in het algemeen de laagste frequentie de grondfrequentie of grondtoon. De andere trillingen – de zogenaamde harmonische trillingen of boventonen – hebben frequenties die gehele veelvouden van de grondfrequentie zijn (Fig. 7). Men noemt alle in een toon voorkomende frequenties harmonischen. De

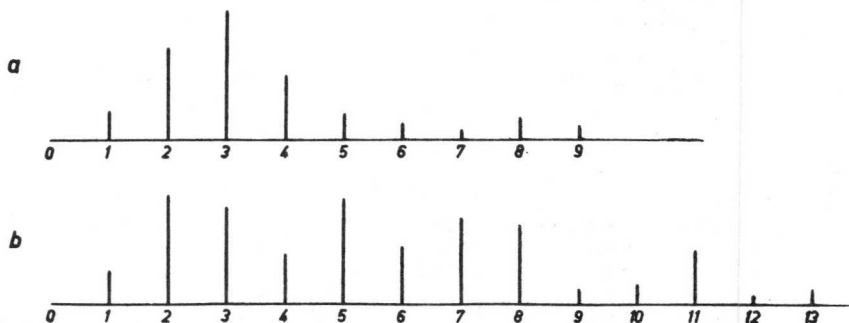


Fig. 8. Samenstelling van de grondtoon g. a) De g gespeeld op de g-snaar van een viool. b) De g gespeeld op de d-snaar van een viool.

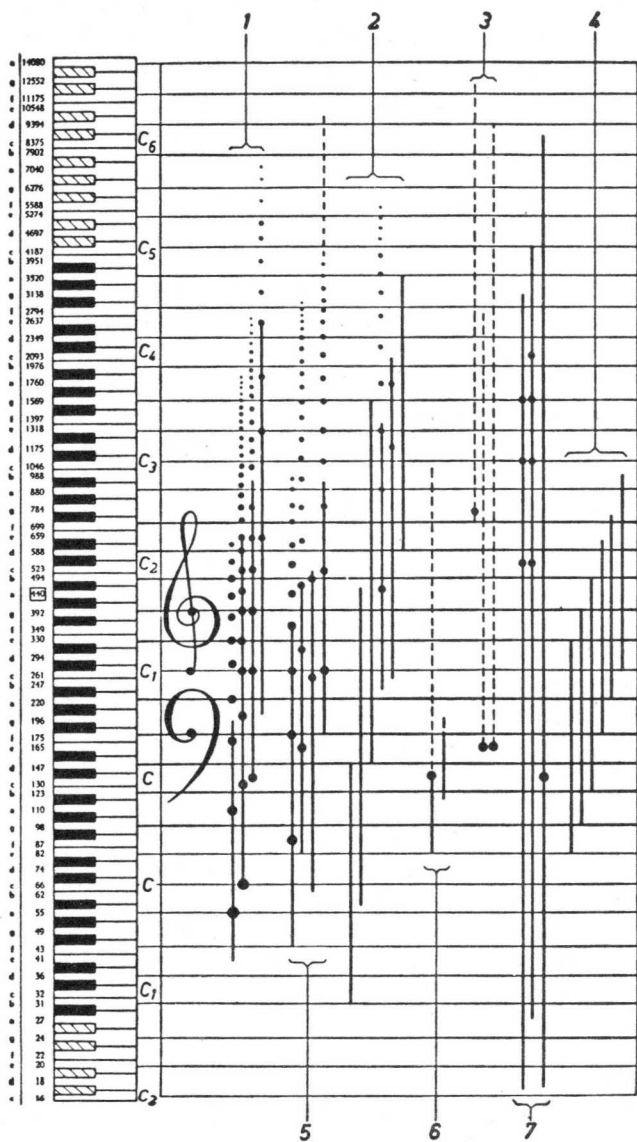


Fig. 9. Overzicht van het frequentiebereik van verschillende instrumenten en stemmen.

- | | | | | |
|----------------|----------------|------------------|---------------|---------------|
| 1. (v.l.n.r.): | 2. Contrafagot | 3. Triangel | Alt | 6. Grote pauk |
| Contrabas | Fagot | Bekken op bekken | Mezzo-sopraan | Kleine pauk |
| Violoncello | Clarinet | Geslagen bekken | Sopraan | 7. Harp |
| Altviool | Hobo | | | Vleugel |
| Violino | Fluit | 4. Bas | 5. Tuba | Orgel |
| | Piccolo | Bariton | Trombone | |
| | | Tenor | Hoorn | |
| | | | Trompet | |

eerste harmonische is de grondtoon, de tweede heet eerste boventoon of eerste hogere harmonische, de derde tweede boventoon, enz. Het aantal en de geluidssterkten van de boventonen bepalen het timbre (de klankkleur).

Zo heeft de toon *g* een grondfrequentie van 392 Hz. Toch klinkt deze toon anders op de *g*-snaar dan op de *d*-snaar van een viool, omdat in deze twee gevallen de aantallen en de sterkteverhoudingen van de boventonen verschillen (Fig. 8). Vooral bij laaggestemde instrumenten is de sterkte van de grondtoon geringer dan die van de eerstvolgende boventonen. Desondanks is de grondtoon bepalend voor de waardering van de toonhoogte.

Fig. 9 geeft een overzicht van de frequentiegebieden van een aantal muziekinstrumenten en zangstemmen. De grondtonen zijn hier aangegeven als ononderbroken lijnen, de gebieden waarin de boventonen zich uitstrekken als stippellijnen en, bij sommige instrumenten, de gebieden van de aanzettonen als ononderbroken lijnen voor de eerste stip.

De indruk die een geluid op ons gehoor maakt wordt ook nog bepaald door de wijze waarop dit geluid aanzwelt en uitsterft. Zo wordt een pianotoon mede gekarakteriseerd doordat bij het aanslaan van een snaar eerst een geforceerde trilling van hogere frequentie ontstaat, die snel overgaat in de eigen toon van de aangeslagen snaar en vervolgens langzaam uitsterft. In principe geldt dit verschijnsel voor alle slaginstrumenten. Bij het aanslaan van een snaar van een gitaar wordt binnen 5 milliseconden de maximale geluidssterkte van 30 dB bereikt. Bij blaasinstrumenten daarentegen wordt de toon geleidelijker gevormd en neemt dus langzaam toe tot maximale sterkte (Fig. 10). Beschouwt men de trillingsbeelden van gelijke tonen, gespeeld op een piano en een harmonika, dan blijken deze vrijwel elkaars spiegelbeeld te zijn. Dit blijkt ook wanneer men een opname van pianomuziek achterstevoren afspeelt: het effect is dan ongeveer gelijk aan dat van harmonikamuziek, en omgekeerd.

Er is nog een eigenschap van ons gehoor die van belang is bij het stemmen van muziekinstrumenten. Het oor reageert namelijk enigszins anders op een luchtverdichting dan op een -verdunning. Men noemt daarom de gewaarwording door het gehoorzintuig niet lineair. Bij het beluisteren van enkelvoudige tonen of van samengestelde met betrekkelijk grote verschillen in frequentie,

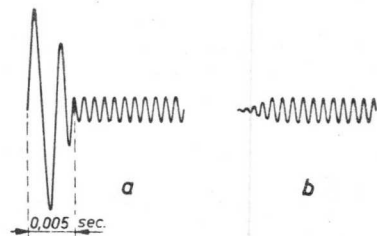


Fig. 10. Het verschil in toonvorming bij het aanslaan van een snaar van een piano a) en het aanblazen van een toon van een harmonika b).

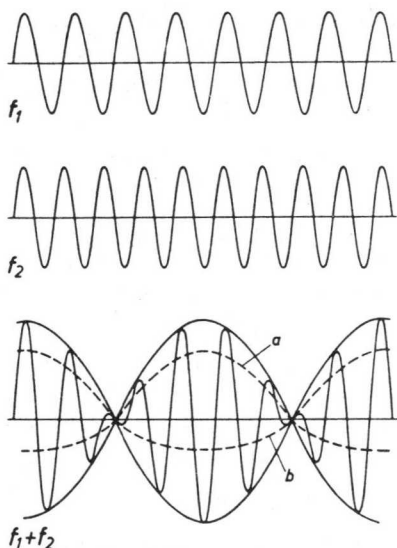


Fig. 11. Beeld van een toon samengesteld uit twee tonen die in hoogte slechts weinig verschillen. $f_1 = 1000$ Hz, $f_2 = 1050$ Hz.

Zonder vervorming wordt de toon f_1 en f_2 gehoord. Indien vervorming optreedt a, hoort men behalve de beide grondtonen ook onder meer de somtoon 2050 Hz en de verschiltoon 50 Hz b.

men zweving. Men kan ook zweving tussen harmonischen van de twee niet geheel gelijke tonen krijgen.

Een verder gevolg van de niet-lineariteit van het gehoor is dat men *zeer* geringe veranderingen in toonhoogte kan waarnemen.

Bij de reproductie van geluid via magneetband of grammofonplaat

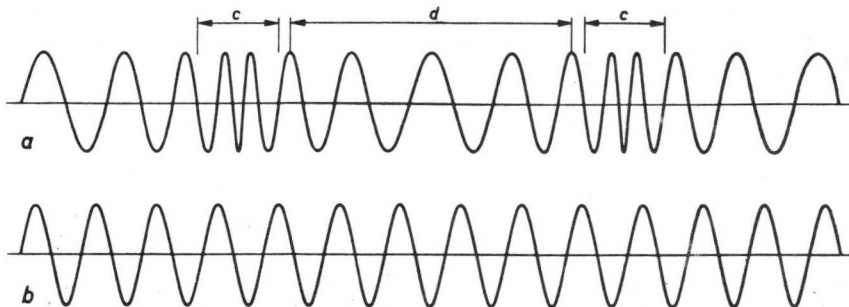


Fig. 12. a: Grafische voorstelling van een toon met „jengel”; b: van een constante toon zonder jengel. Gedeelte d is lager van toon, deel c hoger van toon, ten gevolge van onregelmatig bandtransport.

merkt men niets van deze niet-lineariteit. Zodra echter twee tonen uit een complexe toon slechts weinig in frequentie verschillen, hoort ons oor niet alleen deze tonen, maar ook twee tonen met frequenties gelijk aan het verschil en aan de som van de oorspronkelijke twee frequenties (de z.g. verschil- en somtoon). Nemen wij aan dat wij een dubbeltoon horen van 1000 en 1050 Hz, dan zullen wij behalve deze twee tonen ook een van 50 en een van 2050 Hz kunnen waarnemen (Fig. 11). In werkelijkheid zijn deze tonen echter niet aanwezig.

Verlagen wij geleidelijk het verschil in frequentie tussen de beide tonen, dan zullen wij een zeer lage frequentie van slechts enkele perioden per seconde waarnemen, die tenslotte geheel verdwijnt, zodra de beide tonen precies gelijk zijn geworden. Deze lage frequentie noemt

komt het bij het gebruik van slechte recorders of grammofoons wel voor dat de aandrijving van band en plaat niet constant is, zodat er toonhoogtevariëaties ontstaan (Fig. 12). Wij nemen deze variëaties waar alsof de toonsterkte onder invloed staat van het ritme van de onregelmatigheid in de aandrijving.

Bij langzame variëaties spreekt men van jengelen (in het Engels „wow”), bij snelle van kanariën (in het Engels „flutter”). Deze verschijnselen zijn vooral hoorbaar bij lang aangehouden tonen. Sommige mensen hebben zo'n gevoelig gehoor, dat zij toonhoogtevariëaties, veroorzaakt door afwijkingen in de snelheid ter grootte van 0,1 %, nog kunnen waarnemen. Daarom zijn goede recorders bij voorbeeld zo geconstrueerd, dat hun snelheidsvariëaties binnen dit kleine percentage blijven.

Wordt het oor getroffen door een zachte en een luide toon van verschillende hoogte, dan verdwijnt de zachte toon en hoort men alleen de luide. In de praktijk blijkt dit bij het afspelen van een grammofoonplaat met veel geruis. In de zachte passages van de muziek hoort men het geruis sterk op de voorgrond treden, maar de geruisindruk verdwijnt zodra de sterkte van de muziek toeneemt. Men noemt dit wel *maskering*.

Een niet te verwaarlozen eigenschap van onze beide oren is, dat zij ons in staat stellen de richting te bepalen waaruit een geluid komt. Indien een geluid ons niet recht van voren of van achteren bereikt, zal het ons ene oor eerder bereiken dan het andere (Fig. 13). Bovendien komen dan sterkte- en faseverschillen voor. Het tijdsverschil is echter van het grootste belang. Onze ervaring stelt ons in staat, aan de hand van deze drie verschillen de richting te bepalen. De nauwkeurigheid waarmee wij dit doen is afhankelijk van de frequentie van het geluid; zo is richtingswaarneming van tonen beneden 1000 Hz praktisch niet mogelijk.

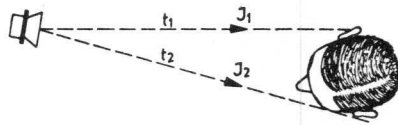


Fig. 13. Richtinghooren. Het rechter oor ontvangt het geluid in tijd t_1 en met een intensiteit I_1 , het linker oor in tijd t_2 en met een intensiteit I_2 , waarbij t_1 kleiner is dan t_2 en I_1 groter dan I_2 .

„Onhoorbaar geluid”

De benaming „onhoorbaar geluid” moge in strijd met de logica lijken, zij wordt echter gebruikt voor het gebied van trillingen van 15 à 20 tot enige honderden kHz. In de wetenschap spreekt men van ultrasone trillingen.

Wat wij als onhoorbaar geluid beschouwen, kan voor verscheidene dieren daarentegen wél hoorbaar zijn. Voor een hond ligt de bovenste grens bij 40 kHz, voor een vleermuis zelfs bij 175 kHz. Op dit verschil in geluidswaarneming berust o.a. het principe van sommige hondenfluitjes. Deze geven een toon van meer dan 20 000 Hz en worden gebruikt om politiehonden terug te roepen; deze fluitjes zijn voor de mens onhoorbaar. Ultrasonische trillingen hebben voorts verscheidene toepassingen die niet berusten op het geluidswaarnemingsvermogen van levende wezens.

In laboratoria en chemische fabrieken bevorderen zij het ontstaan van emulsies van vloeistoffen die onder normale omstandigheden slecht te mengen zijn, zoals olie en water.

Voor het solderen van aluminium hebben deze trillingen ook hun nut: het oxydehuidje laat gemakkelijker los en daardoor pakt het soldeer beter op het basismetaal.

Geschiedenis van het magnetisme

Hoewel magnetisme al een 6000 jaar bekend is, behoort het nu nog tot de natuurkundige verschijnselen die men niet volledig kan verklaren.

Waar het woord magneet vandaan komt is niet met zekerheid te zeggen. Wel wordt in een tweetal oude geschriften een dergelijke benaming gebruikt, maar ook deze geven geen uitsluitsel over de herkomst.

Misschien heeft de Romeinse dichter Lucretius Carus, die van 99—55 v. Chr. leefde, de juiste verklaring gevonden. In zijn geschrift *De Rerum Natura* zegt hij dat de magneet genoemd is naar de bewoners van Magnesia in Griekenland, de *Magnetes*. In Magnesia bevond — en bevindt zich nog — een grote hoeveelheid magneetijzersteen of magnetiet. Brokken van dit steen zou men dan magneten hebben genoemd.

De eveneens Romeinse geleerde Plinius schreef in het jaar 50 n. Chr. dat de dichter Vicander, die een 2½ eeuw eerder leefde, verhaalde van een schaapherder Magnes. Deze zou hebben ontdekt dat zijn ijzeren herdersstaf door een bepaalde steen werd aangetrokken, welke naar hem de magnessteen zou zijn genoemd. Ook op deze wijze zou men het ontstaan van het woord magneet kunnen verklaren.

Pas in de twaalfde eeuw van onze jaartelling begon men wat meer aandacht aan het magnetisme te besteden. Men begon in die tijd het magneetijzersteen als kompas te gebruiken, wat in de daarop volgende paar eeuwen mede heeft geleid tot tal van ontdekkingsreizen op zee.

Via de toepassing van het magneetijzersteen als kompas kwamen de benamingen zuid- en noordpool in de leer van het magnetisme terecht.

In 1600 publiceerde de hofnatuurkundige van Koningin Elizabeth van

Engeland, William Gilbert of Colchester, zijn geschrift „De Magnete”. Hij had ontdekt dat de aarde zelf magnetisch is, en toonde ook aan dat ijzer zijn magnetisme verliest als het wordt uitgegloeid.

In 1785 bewees Charles Coulomb dat de afstoting en de aantrekking van magneten omgekeerd evenredig zijn met het kwadraat van de afstand.

Hans Oerstedt ontdekte in 1820 dat een elektrische stroom invloed uitoefent op een magneetnaald. Deze bevinding werd in 1825 door André Ampère experimenteel en wiskundig bevestigd.

In datzelfde jaar maakte de Engelse geleerde William Sturgeon de eerste kunstmagneet. Hij liet namelijk een elektrische stroom gaan door een spoel om een stuk weekijzer, dat daardoor in staat bleek twintig maal zijn eigen gewicht op te heffen.

Nog vier jaar later maakte Joseph Henry de eerste sterke elektro-magneet, en kort daarop construeerde hij samen met Michael Faraday de eerste transformator. Hiermee gaven zij de weg aan voor de constructie van dynamo's en elektromotoren. Faraday's uitvinding – hoe simpel deze ook scheen te zijn – maakte de zuil van Volta, die tot op dat ogenblik de voornaamste bron van elektriciteit was, overbodig. In wezen ontstond hierdoor voor het eerst de mogelijkheid geluid magnetisch vast te leggen. De eerste bruikbare theorie over het ijzermagnetisme kwam in 1852 van Wilhelm Weber.

James Maxwell verbeterde haar, en zo werd men in staat gesteld een dieper inzicht te krijgen in het gedrag van moleculairmagneetjes.

Maxwell was tenslotte ook de man die in 1873 de wetten die de elektriciteit en het magnetisme vastleggen, mathematisch verklaarde en systematisch rangschikte.

Magnetisch geluid

Het principe van de magnetische geluidstechniek werd in 1888, slechts elf jaar na het verschijnen van de "Phonograph", voor het eerst beschreven door Oberlin Smith. Zijn gedachten gingen uit naar een draad van bijvoorbeeld katoen, waarin ijzerpoeder zou moeten zijn aangebracht. Terwijl hij in zijn lengterichting werd voortbewogen, zou deze draad, c.q. de ijzerdeeltjes, van blijvende magnetisatie kunnen worden voorzien. De eerste praktische toepassing van de theorie van Smith werd in 1898 – 21 jaar nadat Thomas Alva Edison zijn wasrollenphonograph had geconstrueerd – door de Deen Valdemar Poulsen (Foto 1) gepatenteerd. Zijn „Telegraphone" (Foto 2) was nog primitief en ontbeerde uiteraard de faciliteiten van de elektronentechniek. Zij demonstreerde echter volkomen het principe van de omzetting van elektrische energie in magnetische velden van veranderlijke sterkte; deze magnetische velden werden over-

gedragen op een bewegend magnetiseerbaar medium en vervolgens werden de geregistreerde magnetische velden weer omgezet in elektrische energie.

Poulsen's machine bestond uit een trommel, waarom een staaldraad van enkele millimeters dikte was gewonden. De magnetische kop bestond uit twee ijzeren lamellen, waaromheen een spoel was aangebracht, die evenwijdig aan de trommel kon worden bewogen. Voor het overdragen van magnetisme drukten de lamellen aan weerszijden tegen de draad; de draad was behalve drager van het magnetisme, tevens, dank zij zijn spiraalvormige windingen, het voorbewegingsmedium voor de kop. Gedurende het opnemen was de spoel van de magnetische kop verbonden met een koolmicrofoon; het weergeven had plaats door de spoel met een hoofdtelefoon te verbinden. Mechanisch stond de „Telegraphone” nog tamelijk dicht bij Edison's „Phonograph”, hoewel het principe van de geluidsregistratie en -weergave al veel meer geacheveerd was.

Op de wereldtentoonstelling van 1900 in Parijs verkreeg Poulsen voor zijn machine de Grand Prix.

Weliswaar viel er gedurende de eerstvolgende jaren nog enige ontwikkeling in praktische zin waar te nemen, maar men zou in het algemeen kunnen stellen, dat de magnetische geluidstechniek met smart wachtte op de komst van de elektronenbuis, om haar ontwikkelingsgang met zicht- en hoorbaar resultaat te kunnen voortzetten.

In het jaar waarin Poulsen op de Parijse Wereldtentoonstelling werd bekroond, zag nog een ander apparaat het daglicht. Het was een magnetische draadrecorder van Mix en Genest uit Berlijn. De draadsnelheid bedroeg 200 cm/s en de maximale opnametijd was, evenals bij het eerste apparaat van Poulsen, slechts kort: vijftig seconden. Niet lang daarna kwamen deze twee Duitsers met een verdere ontwikkeling – een staalbandrecorder. De band was 3 mm breed en 0,05 mm dik en liep met dezelfde snelheid als de draad in hun vorige apparaat, namelijk 200 cm/s. De speeltijd was echter al belangrijk langer, en wel ongeveer twintig minuten. Toch liet de praktische bruikbaarheid nog veel te wensen over; de weergave was gebrekkig en er was veel geruis.

Inmiddels had Poulsen met zijn landgenoot Pedersen in de Verenigde Staten de American Telegraphone Co. opgericht. Omstreeks 1903 construeerde deze maatschappij een staaldraadrecorder voor het opnemen van telefoongesprekken en voor gebruik als dicteermachine. Ook hier was de snelheid 200 cm/s, maar de speelduur bedroeg al dertig minuten. De draad was ongeveer 0,25 mm dik. De omstandigheid dat de maatschappij failliet ging, was natuurlijk niet bevorderlijk voor een vlotte ontwikkeling van de magnetische geluidstechniek.

In 1919 deed dan de elektronenbuis haar intrede, en al spoedig kwam

de magnetische geluidstechniek weer in de belangstelling te staan. Vooral Dr. Karl Stille heeft in de periode na de eerste wereldoorlog op dit gebied naam gemaakt. Stille dacht vooral aan de toepassing van „sprekend draad”, zoals hij het noemde, als geluidsdrager bij de stomme film. Van de fotografische geluidsregistratie was de kwaliteit echter beter en de toepassing eenvoudiger, omdat hierbij beeld en geluid op één film worden aangebracht. Aldus was de sprekende draad evenmin een roemrijk bestaan beschoren.

Ongeveer terzelfdertijd paste Max Kohl de eerste magnetische „grammofoonplaat” toe, waarvoor hij een stalen plaat met een doorsnede van 13 cm gebruikte.

De militaire autoriteiten – meer in het bijzonder in de Verenigde Staten – kregen in diezelfde tijd belangstelling voor magnetische machines, in hoofdzaak voor het opnemen van telegrafie in versneld tempo. Gedurende de tweede wereldoorlog pasten dan ook vooral de Amerikanen de draadrecorder op grote schaal toe.

Bij de verdere ontwikkeling van de „Telegraphone” ontdekten de Amerikanen Carlson en Carpenter in 1927 hoe men het vaak hinderlijk achtergrondgeruis aanzienlijk kan verminderen. Zij maakten namelijk gebruik van een extra toegevoegd signaal, waarvan de frequentie – 10 000 Hz – buiten het opnamegebied van het toestel viel. Hiermee was de hoogfrequentie voormagnetisatie die, zoals later in dit boek zal blijken, thans in de magnetische registratie van elementair belang is, een feit geworden.

Uit deze tijd stammen ook een aantal octrooien die betrekking hebben op verbetering van de geluidsdragers. Fritz Pfleumer in Duitsland had zich intensief beziggehouden met homogene banden en met banden van papier of plastic met een daarop aangebrachte magnetische laag. De Amerikaan Joseph O'Neill kreeg een octrooi voor het opnemen van geluidstrillingen waarbij gebruik wordt gemaakt van een strook papier of een andere goedkope stof, waarop een strook of laag magnetisch materiaal is aangebracht. Om de een of andere onbegrijpelijke reden zag de Amerikaanse industrie deze belangrijke uitvinding over het hoofd of onderschatte zij schromelijk haar waarde. De Bell Telephone Laboratories hadden in die tijd een ontwikkelingsprogramma dat uitsluitend was geconcentreerd op staalbandmachines.

De zojuist genoemde Karl Stille trad in 1929 opnieuw op de voorgrond, ditmaal met de stichting van een maatschappij genaamd „Telegraphon Patent-Syndikat”. Hij had inmiddels de machine van Poulsen op verschillende punten verbeterd. De dikte van de draad was 0,2 mm, en de snelheid was reeds gereduceerd tot 120 cm/s.

Er brak nu een tijd aan waarin de fabricagerechten in hun geheel of gedeeltelijk in andere handen werden gegeven. Diverse maatschappijen met een verschillend doel voor ogen werkten aan de verdere ontwikkeling van de magnetische geluidstechniek. Blattner nam al spoedig – in 1930 – de rechten van Stille over, met het oogmerk deze geluidstechniek toegepast te krijgen bij de sprekende film, die toen juist in opkomst was. Zijn toestel, dat veel weg had van dat van Stille, kreeg de naam Blattnerphone. Het werkte echter niet met draad maar met smal staalband. In Groot-Brittannië werden enige films met dit geluidssysteem gemaakt, maar het commerciële succes was matig en Blattner deed zijn belangen over aan de Marconi Wireless Telegraph Co., Ltd., in Londen (Foto 3). Deze maatschappij begon daarmee de ontwikkeling van staalband-machines, die jarenlang door de Britse omroep, de BBC, werden gebruikt.

Uit een aankondiging van Marconi in 1934 lezen wij bij voorbeeld, dat de Marconi-Stille Recording and Reproducing Equipment in de handel werd gebracht voor £ 1250 f.o.b. De snelheid van de 3 mm brede staalband bedroeg 150 cm/s en het frequentiegebied van de machine was 100—5000 Hz met een niveauperloop van ± 2 dB. Voor een speeltijd van 30 minuten waren spoelen met 2700 m band nodig.

Inmiddels had Karl Bauer in Duitsland een dicteermachine in licentie van Stille op de markt gebracht. Deze „Dailygraph” was de eerste magnetische dicteermachine die in serie werd vervaardigd. Vele telefoonmaatschappijen schaften haar aan voor het vastleggen van telefoongesprekken. De Duitse PTT nam in 1932 Bauer's rechten over en verkocht ze al spoedig door aan C. Lorenz, die het apparaat zodanig wijzigde dat het beter geschikt werd voor massafabricage (Foto 4). Lorenz gebruikte de merknaam „Textophon”. Een volgende stap van Lorenz was de productie van een draagbare recorder die met staalband werkte – de „Stahltonmaschine”. In 1935 ging de Duitse omroep ertoe over, deze recorder op grote schaal te gebruiken, in het bijzonder voor reportages. De bandbreedte was eveneens 3 mm en de speeltijd 30 minuten. De prijs was slechts ongeveer $\frac{1}{3}$ van de Marconi-Stille.

Een belangrijke verbetering in de kwaliteit van het gereproduceerde geluid ontstond door de vinding van de Duitser Schüller, die een magnetische ringkop voor het opnemen en weergeven had geconstrueerd.

De reeds eerder genoemde Fritz Pfleumer slaagde erin de Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft (AEG) voor zijn magneetband te interesseren. Het resultaat hiervan was dat de I. G. Farben het band verbeterde en AEG de „Magnetophon” uitbracht, die oorspronkelijk als dicteermachine was bedoeld (Foto 5). Het eerste apparaat werd in 1935 gedemonstreerd op de radiotentoonstelling in Berlijn. De eigenschappen van deze lijn-

rechte voorvader van de tegenwoordige magnetische recorders waren:

bandsnelheid – ca. 100 cm/s;

frequentiegebied – praktisch recht van 50—5000 Hz;

ruisniveau – ca. 35 dB;

voormagnetisatie en wissen met behulp van gelijkstroom.

In 1937 kwamen Japanse onderzoekers tot de bevinding dat de weergave belangrijk beter werd als bij het wissen en voormagnetiseren wisselstroom in plaats van gelijkstroom werd toegepast.

Tijdens de tweede wereldoorlog verschenen publicaties over soortgelijke onderzoeken in Amerika (Armour Research Foundation) en Duitsland (v. Braunmühl en Weber).

Van die tijd af is de ontwikkeling van band, recorders en magneetkoppen met sprongen vooruitgegaan.

Toen de Geallieerden het Europese Continent waren binnengevallen kwamen zij onder de indruk van de hoge graad van ontwikkeling van de geluidsofname- en -weergavetechniek die zij daar aantroffen. Het betekende min of meer het begin van het einde van de Amerikaanse draadrecorder.

Het Philips-Miller systeem

In 1936 was inmiddels ook Philips uitgekomen met een geluidssysteem dat eenzelfde soort medium gebruikte als de bandrecorder, maar berustte op een combinatie van de principes van de fonograaf en het fotografische geluidsspoor (zoals bij de conventionele sprekende film) (Foto 6), met vermindering van enige nadelen die deze laatste twee systemen aankleven.

Bij het Philips-Miller systeem is het medium Philips-Miller band, bestaande uit een basislaag van celluloid, waarop een 0,06 mm dikke laag doorzichtige gelatine is aangebracht, welke laatste is afgedekt met een uiterst dun, ondoorzichtig vlies van ongeveer 0,003 mm. In de opnamemachine worden de geluidstrillingen overgedragen op een wigvormige beitel, die daardoor in zijn lengterichting gaat trillen.

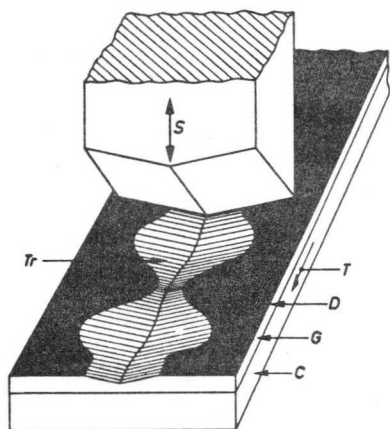


Fig. 14. Het ontstaan van het Philips-Miller geluidsspoor. S bewegingsrichting van de beitel, C basis laag, G gelatine-laag, D ondoorzichtig vlies, T bewegingsrichting van de band, Tr transparant geluidsspoor.

Deze beitel staat loodrecht op het vlak van Philips-Miller band, dat met gelijkmatige snelheid wordt voortbewogen. Zo ontstaat op de band een doorzichtig spoor op een ondoorzichtige ondergrond (Fig. 14).

De aftasting geschiedt optisch, d.w.z. verschillen in lichtval, veroorzaakt door breedteverschillen van het spoor, worden als in een geluids-filmprojector door een foto-elektrische cel omgezet in spanningsvariatiës. Een versterker brengt deze variatiës over naar een of meer luidsprekers.

Het Philips Miller systeem had vooral voor grammofonplaten- en radio-studio's enkele duidelijke voordelen: af luisteren van de bandopname gedurende het opnemen was mogelijk, de hoge-tonen weergave was beter dan die van de tot 1936 gebruikelijke systemen; het monteren van de banden kon met grote nauwkeurigheid geschieden, en de banden waren niet noemenswaard aan slijtage onderhevig.

Dank zij dit procédé is Philips er al zeer vroeg in geslaagd uitvoerige proefnemingen te verrichten met stereofonie, die o.a. later in de praktijk van nut zouden blijken bij de ontwikkeling van apparatuur voor stereofonische weergave bij films.

Een vrij groot aantal radiostudio's zijn destijds van Philips-Miller recorders voorzien, zowel voor de verzorging van binnenopnamen als voor buitenreportages. Kort na de tweede wereldoorlog echter, maakte ook dit systeem langzamerhand plaats voor de geluidstechniek met behulp van magneetband, die veel grotere mogelijkheden bood.

Het Philips-Miller systeem zou trouwens niet gemakkelijk zijn weg naar de huiskamer van zovelen hebben gevonden, omdat de prijs van de apparatuur, ook bij fabricage in grote series, nooit tot het niveau van die van de kleine magnetische recorders van tegenwoordig omlaagebracht zou kunnen zijn.

Foto 5. De eerste met plastic magneetband werkende recorder van AEG uit het jaar 1935.
(werkfoto AEG)

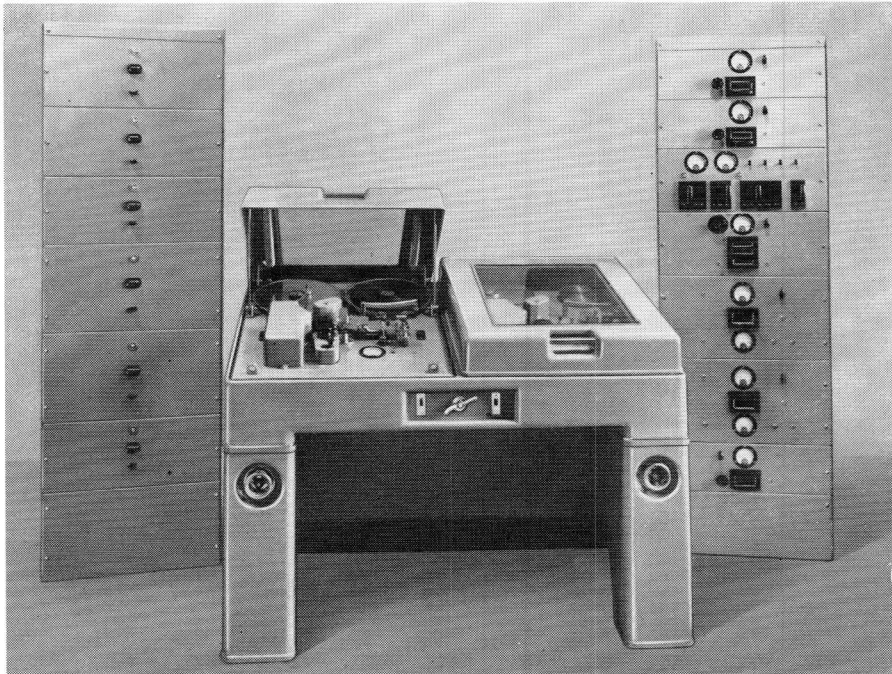
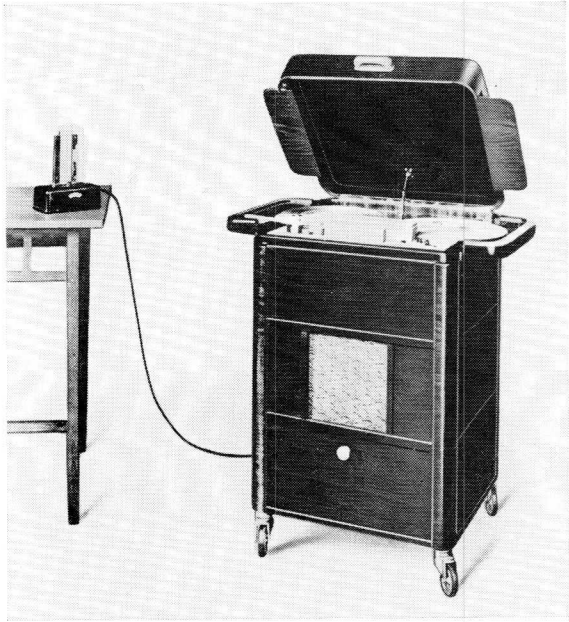


Foto 6. Philips-Miller installatie uit 1936. In het midden de dubbele opneem- en weergeefinstallatie. Rechts en links de rekken met de nodige elektronische apparatuur.



Foto 7. Op een boot opgestelde magnetische recorder voor het registreren van geluiden van tropische zeevissen.



Foto 8. Recorder in gebruik bij een zuidpoolexpeditie.

III. RECORDERS VOOR DE HUISKAMER

Er zijn de laatste paar jaren recorders in talloze variaties in de handel gekomen. Niet alleen is het aantal fabrikanten al groot, maar de meesten hebben ook nog een programma van verschillende types, variërend van klein tot groot, met een of meer bandsnelheden, of op andere wijze tegemoetkomend aan de verschillende eisen van de gebruikers.

Men zou al deze apparaten ruwweg kunnen onderbrengen in drie klassen, gebaseerd op de volgende verkoopprijzen aan het publiek, die in 1959 in West-Europa van kracht waren:

Klasse 1 – tot *f*400

Klasse 2 – van *f*400 tot *f*800

Klasse 3 – boven *f*800

Elke fabrikant beijvert zich natuurlijk, in een bepaalde prijsklasse een apparaat te brengen dat zoveel mogelijk geluidstechnische kwaliteiten bezit, er zo aantrekkelijk mogelijk uitziet en een zo lang mogelijke levensduur bezit. Uiteraard zal het van zijn inzichten afhangen in welke verhouding hij deze goede eigenschappen, binnen de beperkingen opgelegd door een bepaalde prijs, aan een apparaat zal geven. Ook het feit dat hij vrijelijk kan beschikken over een aantal waardevolle octrooien of speciale fabricagemethodes is van niet te onderschatten belang. Tenslotte dient men te overwegen dat de prijs van een recorder met bepaalde eigenschappen belangrijk lager kan zijn indien de fabrikant zijn ontwikkelings- en gereedschapskosten – waarmee aanzienlijke bedragen gemoeid zijn – binnen korte tijd kan doorberekenen in grote fabricageseries, m.a.w. als hij de internationale markt goed bestrijkt.

In navolging van de radio-ontvangamateurs van de eerste generatie, begonnen sommige „geluidsamateurs” hun eigen recorder te construeren. Bij sommigen zat hierbij de bedoeling voor, op nuttige wijze hun vrije tijd te besteden; anderen hoopten op die manier voordeliger in het bezit van een recorder te komen dan wanneer zij er een compleet zouden kopen. Toch is dit aantal amateurconstructeurs niet erg groot geworden. De hoofdoorzaak ligt vermoedelijk in het feit, dat ook aan het mechanische gedeelte, dat juist in het bijzonder voor zelfbouw in aanmerking kwam, zeer hoge eisen dienen te worden gesteld.

Het doel van het mechanisme is namelijk, een magneetband met een uiterst constante snelheid langs de kop te voeren, en bovendien de band snel voor- of achteruit te spoelen om een bepaalde passage te bereiken.

Voldoet het mechanisme niet aan het vereiste van constante snelheid,

dan ontstaan in de weergave verschijnselen die men gemeenlijk aanduidt met de veelzeggende benamingen jengelen en kanariën. Deze ongewenste vervormingen treden bij recorders veel gemakkelijker op dan bij grammofoons, ten eerste omdat een „slappe band” in dit opzicht iets ongunstiger reageert dan een „stijve” grammofoonplaat, en ten tweede omdat deze afwijkinger in geval van opnemen en afspelen op dezelfde recorder nog in grootte kunnen worden verdubbeld. Bij het behandelen van de eigenschappen van het oor hebben wij al opgemerkt, dat men een onregelmatigheid van 0,1 % al kan horen. Dit betekent dus dat de variaties in de machine de helft van dit percentage – 0,05 dus – niet te boven zou mogen gaan.

Deze eis is zwaar. Men kan er alleen aan voldoen door het kiezen van een krachtige aandrijfmotor die bovendien zeer regelmatig loopt, door een uiterst zorgvuldige constructie van de onderdelen van het transportmechanisme, en door goede balancering en lagering van de draaiende delen. Het zorgvuldig voldoen aan deze eisen vormt een belangrijke factor bij het bepalen van de kostprijs van een goede recorder.

Wij hebben het tot dusverre slechts gehad over apparaten die zowel geschikt zijn voor opnemen als voor afspelen. Er zijn echter tekenen die er op zouden kunnen wijzen dat grammofoonplatenfabrikanten er meer en meer toe overgaan op grote schaal muziekbanden in de handel te brengen. Deze nieuwe situatie zou de wenselijkheid met zich mee brengen goedkope afspeelapparaten te construeren. Tot voor kort stond de betrekkelijke duurte van de muziekbanden een dergelijke ontwikkeling nog in de weg.

Het gebruik van magneetbanden in het algemeen biedt, in vergelijking met grammofoonplaten, erige voor- en nadelen, die wij hier nader zullen bespreken.

Voordelen zijn:

1. Lange speeltijd
2. Groot frequentiegebied
3. Weinig geruis
4. Grote dynamiek
5. Geringe slijtage
6. Geringe vervorming
7. Gemakkelijke wijze van opnemen
8. Gemakkelijke copieermethode

Nadelen:

1. Het inleggen is gecompliceerder
2. Het opzoeken van bepaalde passages kost meer tijd

3. De afspeelmachines zijn duurder
4. Het materiaal van de banden is duurder

Het gewicht van deze voor- en nadelen is afhankelijk van het doel waarvoor men de recorder gebruikt.

Een lange speeltijd is van belang indien men een symphonie ononderbroken wil weergeven, gedurende langere tijd amusements- of dansmuziek ten gehore wil brengen of een gesproken boek wil beluisteren. Deze speeltijd is afhankelijk van de spoeldiameter, van de banddikte (en dus de lengte) en de bandsnelheid.

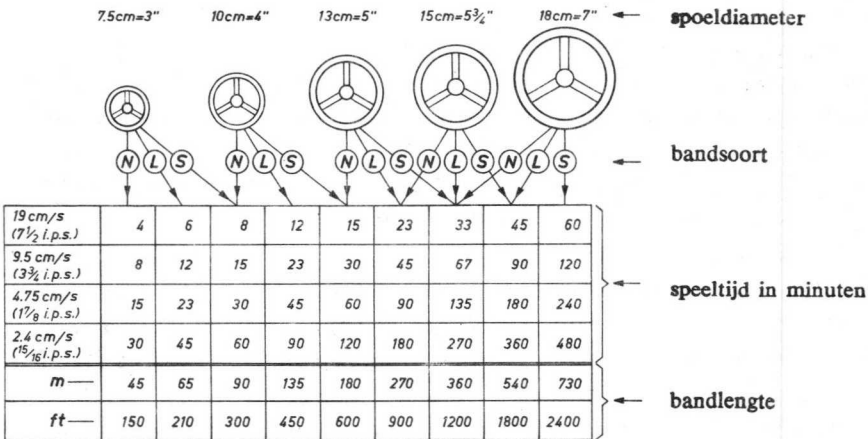


Fig. 15. Tabel die het verband aangeeft tussen bandlengte, bandsoort, spoeldiameter, bandsnelheid en speeltijd. N = normale band L = langspeelband S = super langspeelband.

Spoeldiameters en banddikten zijn genormaliseerd. Zo kennen wij als de meest voorkomende diameters voor gebruik door amateurs: 7,5 cm (3 inch), 10 cm (4 inch), 13 cm (5 inch), 15 cm (5¾ inch) en 18 cm (7 inch). De banddikten zijn zodanig genormaliseerd dat een spoel van 18 cm diameter 360 m band van normale dikte kan bevatten; voor de spoelen van 13, 10 en 7,5 cm is de lengte respectievelijk 180, 90 en 45 m. Hieruit blijkt dus dat de bandlengte – en dus bij een bepaalde snelheid tevens de speelduur – steeds met een factor 2 afneemt. Bij het gebruik van dunner band nemen de lengte met een factor 1,5 of 2 toe. De eerste soort noemt men langspeelband, de tweede superlangspeelband.

Ook de bandsnelheden zijn internationaal genormaliseerd op 15 –

7½ – 3¾ – 17/8 en 15/16 inch/s. Op het Europese vasteland geeft men

deze snelheden meestal aan met de afgeronde metrische maten: 38 — 19 — 9,5 — 4,75 en 2,4 cm/s. Men ziet dat ook de snelheden met een factor 2 afnemen (Fig. 15).

Nemen wij een bandsnelheid van 19 cm/s en een lengte van 360 m, dan volgt daaruit een ononderbroken speelduur van 30 minuten.

De tabel (Fig. 15) geeft een overzicht van de speeltijden, in afhankelijkheid van de dikte van het band en de diameter van de spoel. Uit deze tabel blijkt ook dat er een grote keuze in speeltijden bestaat.

Het tweede voordeel dat magnetisch band ons biedt, is zijn grote frequentiegebied. Weliswaar is de omvang van dit frequentiegebied afhankelijk van de bandsnelheid, maar zelfs bij de lage snelheden is het nog tamelijk ruim.

Bij een bandsnelheid van 19 cm/s kan de hoogste toon die zonder merkbare verliezen wordt weergegeven gemakkelijk 15 000 Hz zijn; bij 9,5 cm/s bereikt men met enige voorzieningen nog ongeveer 13 000 Hz; halveert men de snelheid nogmaals, dan ligt de bovenste grens in de buurt van 6500 Hz.

In een later hoofdstuk zullen wij uiteenzetten welke factoren van invloed zijn op dit frequentiegebied, en aantonen dat door verbetering van de techniek het frequentiegebied kan worden gehandhaafd bij lagere bandsnelheden, respectievelijk dat de weergavekwaliteit bij behoud van een bepaalde bandsnelheid kan worden verbeterd.

Het is ook van belang dat er geen verschil in de weergave bestaat aan het begin en het einde van een band. Bij grammofoonplaten is dit anders: hier blijft weliswaar de omwentelingssnelheid dezelfde, maar de snelheid waarmee de groef langs de naald beweegt neemt naar het midden van de plaat af. Zo vermindert eveneens de maximale frequentie van de tonen die kunnen worden weergegeven.

Als derde voordeel van de band ten opzichte van de plaat hebben wij het geringe geruis genoemd. In de magnetische geluidstechniek is geruis onafhankelijk van het aantal malen dat een band wordt afgespeeld; een grammofoonplaat geeft bij elke keer afspelen meer geruis, vooral als men haar niet elke keer voor het gebruik reinigt. Het mag waar zijn dat een bandopname niet veel minder geruis vertoont dan een nieuwe grammofoonplaat, die van de plaat heeft een veel minder constant karakter, hetgeen tot uiting komt in spetterende geluiden.

Het begrip „high fidelity” heeft enige jaren na de oorlog, min of meer samen met de modernste types grammofoonplaten, zijn intrede gedaan. High fidelity betekent, letterlijk vertaald, grote natuurgetrouwheid. Welnu, de natuurgetrouwheid van geluidswaergave wordt o.m. bepaald door de dynamiek van het medium, d.w.z. de grootte van de verhouding tussen het

sterkste en het zwakste geluid dat kan worden opgenomen en weergegeven. Deze dynamiek is bij een bandopname groter dan bij de beste grammofoonplaat die men in de handel kan krijgen. Het behoeft weinig betoog dat de uitermate geringe slijtage van band – die veroorlooft een opname honderden malen af te spelen – van bijzonder groot belang is. Het betekent vooral een grote besparing indien men bepaalde opnamen zeer vaak wenst af te spelen (in dansscholen, café's, muziekscholen, bij achtergrondmuziek – in poppentheaters e.d. – aankondigingen in warenhuizen, voor muziekliefhebbers die bepaalde muziekstukken zeer vaak willen beluisteren).

Ook het risico van het beschadigen van opnamen, dat bij het afspelen van grammofoonplaten niet geheel denkbeeldig is, ontbreekt bij de recorder.

Een nieuwe plaat en een band behoeven weinig verschil in vervorming te vertonen; bij de plaat echter zal deze bij iedere keer afspelen toenemen, en wel in het bijzonder als de naald versleten gaat raken.

Het materiaal van de plaat – plastic of schellak – wordt op de duur in de groef licht vervormd of zelfs een weinig afgeschaafd.

Juist de geluidsamateer zal het kunnen appreciëren dat hij op vrij eenvoudige wijze, en zonder op kosten te worden gejaagd, fouten in zijn opnamen kan corrigeren of desnoods gehele opnamen opnieuw kan maken. Ook het monteren en copiëren is zeer eenvoudig, zodat men bepaalde passages uit een band in elke gewenste volgorde op een andere band kan overnemen. Het verlies aan kwaliteit dat hierbij optreedt, kan uiterst laag zijn.

Men hoort wel eens als bezwaar opperen dat het speelklaar maken van een spoel gecompliceerder is dan het opzetten van een grammofoonplaat. Voor zover dit voor sommigen een bezwaar is, kan men dit ondervangen door het gebruik van een cassette waarin de band zodanig op de beide spoelen is aangebracht, dat het op haar plaats brengen van de cassette op de recorder al voldoende is om de band gereed te maken voor opnemen of weergeven. Het is zelfs mogelijk de machine zo in te richten dat bij het aanbrengen van de cassette het loopwerk in werking treedt. In dit geval is het bedienen van een recorder zelfs eenvoudiger.

Het opzoeken van bepaalde passages op een band met behulp van een programma-indicator is niet lastiger dan bijvoorbeeld op een langspeelplaat, maar het zal in het algemeen wat meer tijd vergen. Aan de andere kant heeft een grammofoonplaat altijd iets te lijden als de naald met de hand niet aan het begin van de groef wordt opgezet.

Het enige nadeel van de recorder, dat gelegen is in zijn constructie, is het feit dat hij meer onderdelen heeft die van invloed zijn op de band-

snelheid. Dit geldt zelfs als de machine alleen maar geconstrueerd is voor het weergeven van geluid.

Ondanks de paar nadelen die wij hier hebben opgesomd, bestaat zeer zeker de mogelijkheid dat, zodra de handel de beschikking krijgt over een ruim programma van muziekopnamen op de band, de bandrecorder in het algemeen of de magnetische afspeelmachine een groot gedeelte zal veroveren van het gebied dat thans wordt bestreken door de grammofoon. Dit zal vooral het geval zijn indien men er in slaagt de prijs van magneetband op hetzelfde niveau te brengen als dat van grammofoonplaten.

De belangrijkste onderdelen van een recorder

Men kan bij een recorder een verdeling maken naar de belangrijkste functies die de onderdelen verrichten:

*magneetkoppen met band,
aandrijfmechanisme,
versterker met luidspreker.*

Andere, niet te verwaarlozen onderdelen, die echter enigszins los van de vorige drie staan, zijn de *microfoon* en de *koffer*. De koffer bepaalt enerzijds grotendeels de uiterlijke aantrekkelijkheden van de recorder, en anderzijds, samen met de luidspreker, de akoestische kwaliteit.

Beschouwen wij de constructie van recorders van verschillend fabrikaat of van verschillende prijsklasse, dan vallen ons verscheidene punten van overeenkomst op. Zo zien wij een spoel met band en een lege spoel, die geplaatst zijn op assen die bij elke machine even dik zijn. Ook blijkt dat de banden altijd even breed zijn. Een nadere beschouwing van de magneetkoppen van niet-professionele apparaten leert ons dat zij slechts over de halve bandbreedte werkzaam zijn.

Wij zien tevens dat de banden zodanig op de spoelen zijn gewikkeld, dat de magnetisch gevoelige laag naar de kern van de spoelen is gekeerd.

Wij wisten reeds dat de bandsnelheden internationaal zijn genormaliseerd, en wij komen thans tot de ontdekking dat er nog meer internationale afspraken bestaan, waardoor het mogelijk is een band die op de ene recorder is opgenomen, op vele andere typen en merken recorders af te spelen. Een dergelijke internationale normalisatie kennen wij onder andere ook in de film- en grammofoontechniek.

De volgende karakteristieken zijn praktisch universeel genormaliseerd:

1. bandsnelheden,
2. bandbreedte,

3. vorm en diameter van de spoelen,
4. wijze van opwickelen van de band,
5. afmetingen van het magnetische spoor.

Voor het overige is de constructeur vrij in zijn ontwerp van de recorder en in de keuze van het systeem van bandaandrijving.

IV. MAGNETISME EN ELEKTRICITEIT

Alvorens men dieper kan ingaan op de natuurkundige verschijnselen die optreden in de magnetische geluidstechniek, dient men enig inzicht te hebben in het verband tussen elektriciteit en magnetisme.

Magnetisme

Een van de kenmerkende eigenschappen van een magneet is, dat hij ijzer (en in minder sterke mate enkele andere metalen, als nikkel) dat zich op enige afstand bevindt, aantrekt. Strooit men ijzervijzel op een magneet, dan zal het zich in het bijzonder op twee plaatsen concentreren en daar blijven „kleven” (Fig. 16). Deze twee plaatsen bevinden zich gewoonlijk aan de uiteinden van een magneet en worden de polen genoemd.

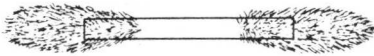


Fig. 16. Staafmagneet met ijzervijzel aan de uiteinden, polen genaamd.

Elke magneet heeft twee zulke polen: een zuid- en een noordpool. Hangt men een staafmagneet aan een draadje in balans, dan blijkt dat steeds hetzelfde einde ongeveer naar het noorden gaat wijzen; dit is de zojuist genoemde noordpool, en het andere einde uiteraard de zuidpool. Het is met behulp van twee magneten eenvoudig aan te tonen, dat *gelijknamige polen elkaar afstoten en ongelijknamige elkaar aantrekken*.

De aarde zelf is ook een magneet met een noord- en een zuidpool. De verbindingsas van de twee aardmagnetische polen valt echter niet samen met de aardas, die het geografische noorden en zuiden met elkaar verbindt.

De magnetische zuidpool bevindt zich op het eiland Prince of Wales in het hoge noorden van Canada en beweegt zich langzaam in noordelijke richting. De richting van een bepaald punt op aarde naar de magnetische noordpool, noemt men het magnetische noorden van dat punt op aarde.

Vergelijkt men dus het gedrag van de aarde met dat van een kleine magneet, dan blijkt ook hier, dat ongelijknamige polen elkaar aantrekken: de noordzoekende pool van de magneet (eigenlijk de zuidpool) wijst naar de magnetische noordpool van de aarde. Om zijn noordzoekende eigenschap wordt de zuidpool van een magneet in de praktijk voor het gemak noordpool genoemd.

Breekt men een naaldvormige magneet doormidden, dan ontstaan er twee nieuwe magneetjes, elk met een noord- en een zuidpool (Fig. 17). Zetten wij de verdeling steeds verder door, dan zou deze tenslotte leiden tot de kleinst mogelijke natuurkundige deeltjes — de ijzermoleculen — die dus ook nog magneetjes zijn en *magneculen* of *elementaire magneetjes* worden genoemd.

De natuurkundige *Weber* heeft een theorie ontwikkeld die tot op zekere

hoogte een inzicht geeft in de geheimen van het magnetisme. De *eerste hypothese van Weber* zegt:

Elke magneet is opgebouwd uit onnoemelijk veel elementaire magneetjes.

Verder kan men volgens Weber aannemen dat in een magnetisch stuk ijzer de elementaire magneetjes gerangschikt liggen in open banen, en in een niet-magnetisch stuk ijzer in gesloten banen (Fig. 18). In weekijzer zijn de elementaire magneetjes gemakkelijk draaibaar, in staal moeilijk.

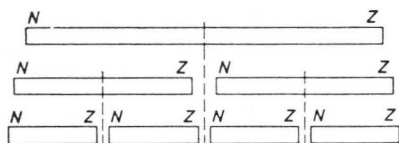


Fig. 17. Wordt een staafmagneet doorgebroken, dan ontstaan twee nieuwe magneten, elk met een noord- en een zuidpool.

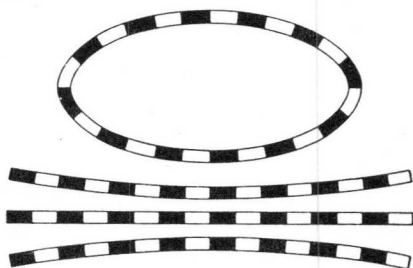


Fig. 18. In magnetisch ijzer liggen de elementaire magneetjes in open banen gerangschikt.

In niet magnetisch ijzer liggen de elementaire magneetjes in gesloten banen gerangschikt.

Magnetische velden

De invloedssfeer van een magneet noemt men een magnetisch veld; op elk ijzerdeeltje dat zich in een punt van dat veld bevindt wordt een kracht uitgeoefend.

Men kan een magnetisch veld voorstellen door middel van lijnen in de vorm van eindloze lussen die van de noord- naar de zuidpool lopen, en vandaar weer door de magneet naar de noordpool (*krachtlijnen*).

Een afzonderlijke noordpool (puntpool — alleen in theorie denkbaar) kan langs een krachtlijn een baan beschrijven. In de praktijk kan men dit verschijnsel als volgt bij benadering weergeven:

Een ruime schaal wordt tot 3 cm hoogte gevuld met een dikke vloeistof (bij voorbeeld wonderolie), en op de bodem legt men een korte magneet. Een gemagnetiseerde naaiaald wordt door een schijfje kurk gestoken en, met de noordpool naar beneden, op de olie geplaatst. De zuidpool, die naar verhouding ver omhoog steekt, ondervindt vrijwel geen invloed van het krachtveld van de magneet op de bodem. Anders is het gesteld met de noordpool, die ongeveer 2 cm onder de olie-oppervlakte steekt en min of meer als puntpool kan worden beschouwd. Deze noordpool houdt men vervolgens boven die van de magneet, en dan laat men de kurk los. Onder de invloed van het magnetisch veld gaat het schijfje met de naald nu een baan beschrijven, die ten gevolge van de vertraging door de dikke olie

gemakkelijk te volgen is en volgens een krachtlijn van noord- naar zuidpool loopt. Een eenvoudige manier om magnetische krachtlijnen zichtbaar te maken, is een vel dun karton op een staafmagneet te leggen en het met fijn ijzervijlsel te bestrooien. Tikt men even tegen het karton, dan gaan de ijzerdeeltjes zich rangschikken langs de krachtlijnen en ontstaat er een magnetisch spectrum van het krachtveld (Fig. 19).

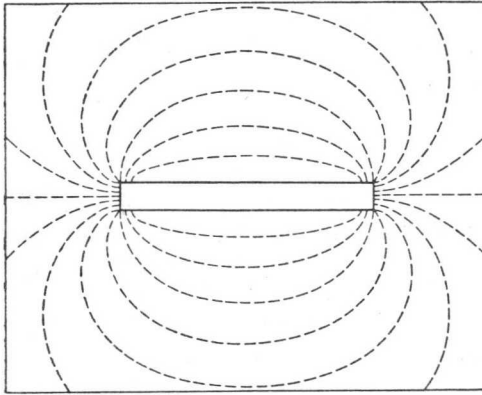


Fig. 19. Magnetische krachtlijnen vormen banen die uitgaan van de noordpool en via de zuidpool door het ijzer worden gesloten.

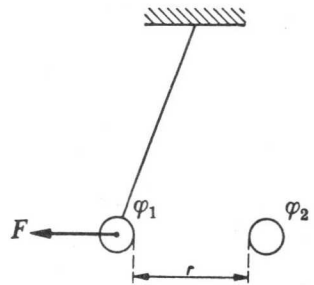


Fig. 20. Magnetische polen oefenen op elkaar een kracht F uit, die afhankelijk is van de grootte van de magnetische sterkte φ_1 en φ_2 , en die omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand r .

Metingen hebben aangetoond, dat de kracht die twee polen op elkaar uitoefenen omgekeerd evenredig is met het kwadraat van hun onderlinge afstand, en afhankelijk van de magnetische sterkte die de polen zelf bezitten (Fig. 20).

De magnetische wet van Coulomb stelt nu dat de kracht die twee polen op elkaar uitoefenen evenredig is met de sterkte van de beide polen en omgekeerd evenredig met het kwadraat van hun onderlinge afstand.

In een formule uitgedrukt wordt dit:

$$F = \frac{\varphi_1 \cdot \varphi_2}{\mu_0 \cdot 4\pi r^2};$$

F = kracht (in newton),

r = afstand (in m),

φ_1 en φ_2 = poolsterkten, [in voltseconden ofwel weber (V · s resp. Wb)],

μ_0 = inductieconstante = $4\pi \cdot 10^{-7}$ henry per meter (H/m = V · s/A · m)

$\approx 1,257 \times 10^{-6}$ H/m.

Deze formule geldt alleen voor puntpolen en in de lucht.

Om een magnetisch veld te onderzoeken plaatst men een noordpooltje ter grootte van de eenheid van poolsterkte (een 1N of eenheid van noordmagnetisme) in een willekeurig punt P.

Onder de magnetische veldsterkte H in een punt P wordt nu verstaan de kracht die de 1N in dat punt ondervindt, dus algemeen:

$$F = \varphi H \text{ of } H = \frac{F}{\varphi}.$$

H wordt uitgedrukt in N/Wb, of, wat veel gebruikelijker is, in ampère-windingen per meter, of kortweg ampère per m (A/m).

Zo bedraagt de grootte van het aardmagnetisme in Nederland ca. 40 A/m, en is de veldsterkte in de luchtspleet van een luidspreker

$$550\,000 - 800\,000 \text{ A/m.}$$

De eenheid van poolsterkte en van magnetische veldsterkte, evenals de inductieconstante μ_0 , zijn aangepast aan de elektrische werkingen van het magnetisch veld (men vergelijk de volgende paragrafen).

Onder de magnetische krachtstroom of flux wordt verstaan het totale aantal krachtlijnen die in alle richtingen van een pool uitgaan.

Eenvoudigheidshalve geeft men deze flux in dezelfde eenheid en met hetzelfde symbool φ aan als de poolsterkte. Van een eenheidspool gaat dus een magnetische flux $\varphi = 1 \text{ Wb}$ uit.

Onder magnetische inductie B verstaat men de fluxdichtheid, d.w.z. de flux die door de eenheid van oppervlakte (loodrecht op de krachtlijnen) gaat. B wordt uitgedrukt in V . s/m² of Wb/m².

In lucht is de samenhang tussen de inductie B en de magnetische veldsterkte H in een punt van een magnetisch veld gegeven door de inductieconstante μ_0 :

$$B = \mu_0 H.$$

Als de veldsterkte in de buurt van een magneet gegeven is, kan men zijn flux berekenen.

Voorbeeld: de pool van een magneet is 3 cm breed en 2 cm lang, d.w.z. $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Gemiddeld bedraagt de magnetische veldsterkte onder de pool 800 000 eenheden van veldsterkte of A/m. De totale krachtstroom φ bedraagt: $6 \times 10^{-4} \times 1,257 \times 10^{-6} \times 800\,000 = 6 \times 10^{-4} \text{ Wb}$.

Het magnetisch veld van een stroomgeleider

Magnetische velden ontstaan niet alleen door permanente magneten, maar ook in de omgeving van stroomgeleiders.

Men kan dit aantonen door een koperdraad, waardoor een stroom vloeit, in de nabijheid van een magneetnaald te brengen. De naald zal dan streven om dwars op de richting van de draad te gaan staan (Fig. 21). Verbreekt men de stroom, dan zal de naald weer naar het magnetisch noorden wijzen, omdat koper magnetisch ongevoelig is. De bouw van het veld om de stroomvoerende draad kan weer zichtbaar worden gemaakt met behulp

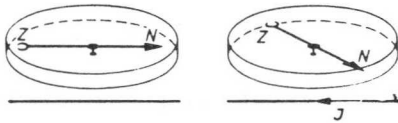


Fig. 21. Links. Magneetnaald boven een geleider waar geen stroom door vloeit. Rechts. De naald wijkt uit boven de stroomgeleider.

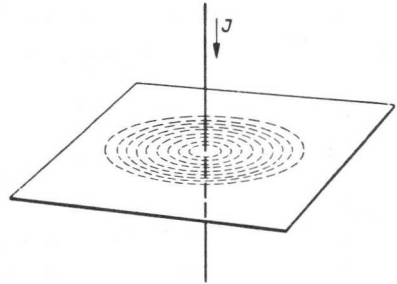


Fig. 22. Het krachtenveld om een rechte stroomgeleider.

van ijzervijzel. De draad wordt hiervoor loodrecht door een horizontaal stuk karton gestoken, dat met ijzervijzel bestrooid is. Nadat men zacht tegen het karton heeft getikt, vormt zich een patroon van concentrische cirkels om de stroomdraad; dit zijn dus de magnetische krachtlijnen van de rechte stroomgeleider (Fig. 22).

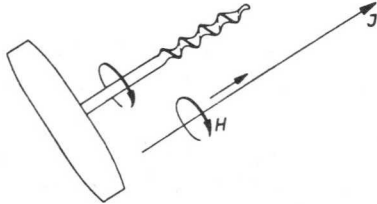


Fig. 23. Kurketrekkerregel, vooruit en rechtsom.

Bij de proef met de kompasnaald kon worden aangetoond welke richting het veld heeft. Daarbij doet zich de gelijkenis voor, dat de richting van de stroom en die van de krachtlijnen bij elkaar horen als de twee bewegingsrichtingen van een kurketrekker, namelijk vooruit en rechtsom (Fig. 23). Dit noemt men de kurketrekker-regel. Bij een cirkelvormige geleider geldt de kurketrekker-regel in omgekeerde volgorde. Hier zal namelijk bij een rechtsom lopende stroom het veld naar voren zijn gericht, en bij een linksom lopende stroom achteruit (Fig. 24).

Bij een spiraalvormige stroomgeleider of solenoïde staan als het ware een aantal cirkelvormige stroomgeleiders in serie. In elke winding heeft de stroom i dezelfde richting, en dus ook het magnetisch veld binnen de spoel. Er ontstaat dus een aanzienlijk versterkt veld, bestaande uit een bundel krachtlijnen die aan één zijde uit de spoel treden, ombuigen, en zich aan de andere zijde weer in de spoel samenvoegen (men lette hierbij op de analogie met de staafmagneet!) (Fig. 25).

In een spoel waarvan de lengte groot is ten opzichte van de dwarsafmetingen, is de veldsterkte in de spoel constant en er buiten verwaarloosbaar klein. De veldsterkte H in een dergelijke lange spoel is evenredig met de stroomsterkte i en het aantal windingen z . Het product $i \cdot z$ noemt men het aantal ampèrewindingen (AW) van de spoel. Verder is H omgekeerd evenredig met de lengte l .

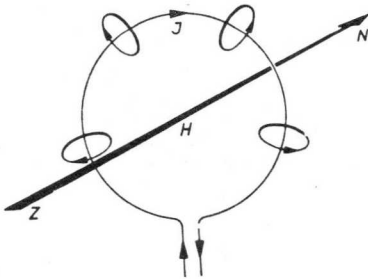


Fig. 24. Het krachtenveld van een cirkelvormige stroomgeleider.

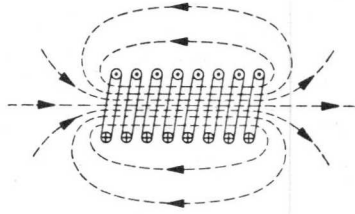


Fig. 25. Het krachtenveld van een spoelvormige stroomgeleider.

Vandaar dat men H uitdrukt in AW/m of A/m, waarbij dus de eenheid van magnetische veldsterkte is gerealiseerd in een lange spoel van 1 m lengte en 1 AW. Uiteraard is dan de veldsterkte in een lange spoel:

$$H = \frac{iz}{l}$$

H in A/m,
 i in A,
 l in m.

De magnetische flux in een lange spoel met de doorsnede O wordt dan als volgt verkregen:

$$\varphi = BO = \mu_0 HO$$

φ in Wb,
 B in Wb/m²,
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m$,
 O in m².

De vereiste stroom voor het opwekken van een magnetische veldsterkte van 40 A/m (sterkte van het aardmagnetisme in Nederland) in een spoel van 15 windingen en een lengte van 12 cm, kan dus als volgt worden berekend:

$$i = \frac{40 \times 0,12}{15} = 0,32 \text{ ampère.}$$

Als wij aan deze spoel een doorsnede van 2 cm² geven, wordt de flux:

$$\varphi = \frac{1,257}{10^6} \times 40 \times \frac{2}{10^4} = 10^{-8} \text{ Wb.}$$

Elektromagneten

Vult men de cilindervormige ruimte van een spoel waardoor een stroom loopt met weekijzer op, dan zal de oorspronkelijke flux vele malen groter worden. Een dergelijke spoel met weekijzeren kern heet elektromagneet (Fig. 26).

Ten gevolge van het magnetisch veld H in de spoel worden de elementaire

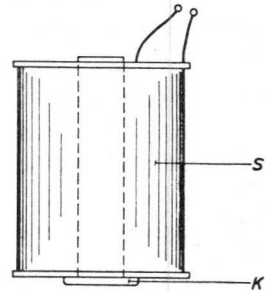


Fig. 26. Elektromagneet als wordt gebruikt bij voorbeeld in een relais. S spoel met koperdraad, K kern van weekijzer.

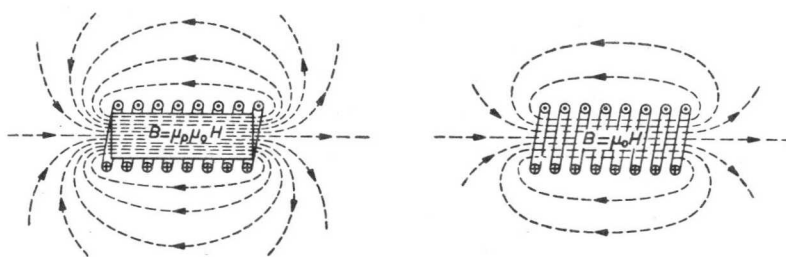


Fig. 27. a. Spoel met ijzeren kern. Inductie nu $B = \mu_r \mu_0 H$. b. Spoel zonder ijzeren kern. Veldsterkte in spoel H . Inductie $B = \mu_0 H$. 94514

magneetjes in het ijzer gericht. Het ijzer gaat zich nu ook als een magneet gedragen, waardoor het aantal krachtlijnen aanzienlijk toeneemt. De magnetische inductie B wordt μ_r maal zo groot als in lucht (Fig. 27). μ noemt men de permeabiliteit van het ijzer:

$$B = \mu_r \mu_0 H = \mu H.$$

Men noemt het getal μ_r , dat aangeeft hoeveel keer groter, bij gelijke veldsterkte H , de flux φ en de inductie B dan in lucht worden, *relatieve permeabiliteit*. Uiteraard is voor lucht en andere niet magnetische stoffen $\mu_r = 1$.

Het product van de relatieve permeabiliteit met de inductieconstante

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

	Samenstelling	Aanvangspermeabiliteit	Max. permeabiliteit	Coërcitie (A/m)	Max. inductie (Wb/m ²)	Toepassingen
Weekijzer	99,9% Fe	200	5 000	80	2,15	telefoon relais
45-Permalloy	54% Fe 45% Ni	2 500	25 000	24	1,60	transformatoren gevoelige relais
Mu-metaal	18% Fe 75% Ni 2% Cr 5% Cu	20 000	110 000	2,4	0,72	transformatoren magneetkoppen (opname en weergave)
Permenorm	50% Fe 50% Ni	4 000	80 000	4,0	1,60	transformatoren
Supermalloy	79% Ni 15% Fe 5% Mo	100 000	800 000	0,32	0,80	transformatoren
Ijzeroxyde	Fe ₂ O ₃	1,5	4	300	0,11	geluidsband

wordt (absolute) permeabiliteit genoemd, en wordt gemeten in henry per meter. De zogenaamde inductieconstante μ_0 is dus de absolute permeabiliteit van het vacuüm of van lucht.

Het ijzer in de spoel is nu gemagnetiseerd, en daarom wordt H ook wel de *magnetiserende kracht* genoemd. De waarde van μ_r is voor een gegeven soort ijzer niet constant, maar afhankelijk van de magnetiserende kracht van de magnetische toestand van het ijzer en van zijn samenstelling. Deze afhankelijkheid wordt veroorzaakt door de samenhang van de elementaire magneetjes in het ijzer. Indien er geen stroom door de spoel wordt gestuurd zal het ijzer in de spoel niet magnetisch zijn, omdat volgens Weber dan immers de elementaire magneetjes in gesloten banen liggen en elkaars velden neutraliseren.

Wordt de stroom door de spoel, d.w.z. de veldsterkte H in de spoel, langzaam opgevoerd, dan zal B langzaam toenemen. Later zal dit sprongsgewijs geschieden (zie fig. 33). Worden de overeenkomstige waarden van i en B op twee onderling loodrechte assen uitgezet, dan ontstaat een kromme die een aanschouwelijk beeld geeft van de samenhang tussen veldsterkte en inductie, en die de *magnetiseringskromme* wordt genoemd (Fig. 28).

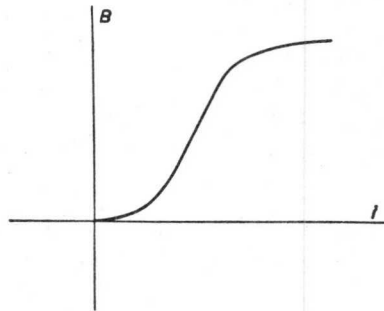


Fig. 28. Magnetiseringskromme. Op de i -as wordt de veldsterkte H uitgezet, op de B -as de inductie (in het ijzer) die hiervan het gevolg is.

De grootte van μ_r voor verschillende stoffen die ijzer bevatten, is aangegeven in de bijgaande tabel van de bekendste materialen die worden gebruikt in transformatoren, dynamo's en motoren, kernen van middenfrequentiespoelen van radio's en magnetische geluidskoppen.

De permeabiliteit is afhankelijk van de warmtebehandeling die het materiaal heeft ondergaan. De in de tabel vermelde eigenschappen kan men alleen verkrijgen door de materialen te onderwerpen aan een speciale behandeling, die meestal bestaat uit verhitting tot ongeveer 1000°C . Na 2—3 uur gloeien volgt langzame afkoeling. Hierna mogen de materialen niet meer worden vervormd, omdat dit van ongunstige invloed op die eigenschappen zou zijn. Door het gloeien worden de atomen in de metaalkristallen namelijk gerangschikt op een wijze die de magnetische eigenschappen ten goede komt; het valt te begrijpen dat later optredende sterke mechanische invloeden als buigen of fraisen hieraan weer afbreuk zouden doen.

V. INLEIDING TOT HET MAGNETISERINGSPROCES

Bij een ferromagnetische stof zijn twee processen te onderscheiden: *reversibele* – waarbij de magnetisering de veldsterkte op de voet volgt; *irreversibele* – waarbij de magnetisering veranderingen in de veldsterkte sprongsgewijze volgt.

Een analogie met het verband tussen veldsterkte en magnetisering levert het beeld van de verplaatsing van een kogel op een oneffen oppervlak, als functie van de helling van dit oppervlak (Fig. 29).

a stelt schematisch een gegolfd oppervlak voor, dat om zijn middelpunt kan draaien en waarop een kogeltje rust.

Indien vlak *a* draait, zal het kogeltje een uitwijking uit het midden krijgen, hetgeen in de grafiek is uitgezet als functie van de draaiingshoek (Fig. 30). Bij een kleine draaiingshoek bestaat er een eenvoudige betrekking tussen de uitwijking van het kogeltje (dat wij gemakshalve beschouwen als geen massa te bezitten) en de hoek. Heeft de hoek een bepaalde waarde bereikt, dan schiet het kogeltje plotseling in het volgende kuultje en gaat daar opnieuw evenredig met de toeneming van de hoek uitwijken. Bij grotere hoeken neemt de uitwijking nog iets toe tot een

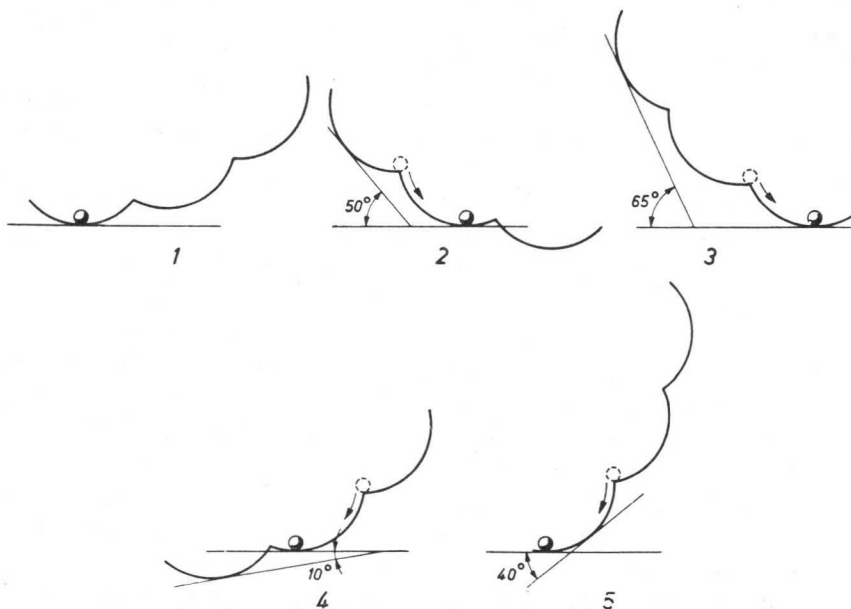


Fig. 29. Eenanschouwelijk beeld van het verband tussen veldsterkte en magnetisering is de plaats (magnetiseringstoestand van het ijzer) op een gebogen gegolfd vlak, dat gedraaid wordt (veldsterkte verandering).

maximum (verzadiging). Draait het vlak nu terug, dan blijft het kogeltje in het meest rechte kuiltje, zelfs bij hoek 0 (remanentie), waarna het bij bepaalde negatieve hoeken plotseling weer in de andere kuiltjes schiet. Bij een hoek -40° bevindt het kogeltje zich weer in het middelste kuiltje (coërcitie). Bij kleine wisselingen van de veldsterkte is de magnetisering *reversibel*, boven een bepaalde veldsterkte *irreversibel*. Er treden dan sprongen in de inductie op („Barkhausen-sprongen”), waarbij in gehele gebieden („Weiss-gebieden”) de magnetisering verandert. Gaat de veldsterkte weer in tegengestelde richting, dan zal de magnetisering eerst

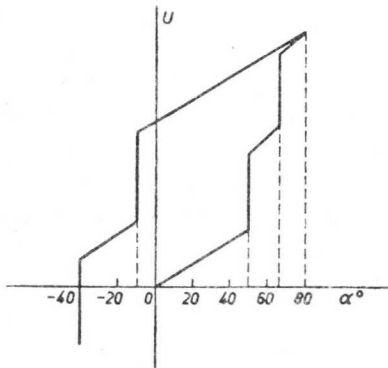


Fig. 30. Grafische voorstelling van het verband tussen de uitwijking van het vlak uit Fig. 29 en de afwijking van de kogel. Deze figuur benadert de magnetiseringskromme.

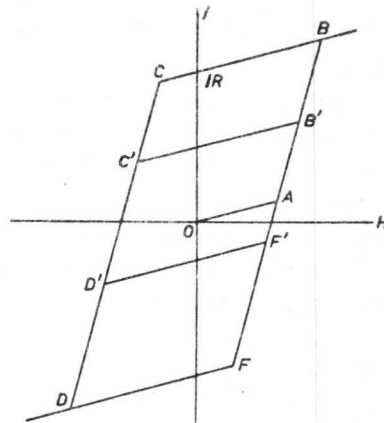


Fig. 31. De geschematiseerde magnetiseringskromme laat het theoretische verband zien tussen veldsterkte H en inductie B ; in het ijzer.

reversibel afnemen en dan irreversibel. Voor elk deeltje of gebiedje kan de veldsterkte die nodig is voor een sprong verschillend zijn.

Indien het materiaal bestaat uit een groot aantal gebieden of deeltjes die niet alle geheel dezelfde eigenschappen hebben, zal er een grotere spreiding optreden, waardoor in de gemeten magnetiseringskromme de hoeken worden afgerond.

De schematisering zal nu, volgens Toomin en Wildfeuer, hierin bestaan dat de magnetiseringskromme die het verband tussen magnetisering en veldsterkte weergeeft, door twee steile, irreversibele takken wordt gevormd. De overgang tussen deze twee takken bestaat uit reversibele takken met de geringe steilheid van de tegenpermeabiliteit.

Geschematiseerde magnetiseringskromme (Fig. 31)

Uit de onmagnetische toestand O loopt de „maagdelijke magnetiserings-tak” OA onder een helling die overeenkomt met de beginpermeabiliteit.

Van A uit volgt de irreversibele tak AB, waarop de permeabiliteit μi is. Gaat de veldsterkte weer naar nul, dan volgt de tak BC. Zonder uitwendig veld blijft dan de remanentie IR over. Van C uit gaat het nu langs de steile, nu dalende tak CD, enz.

Wordt het kringproces niet volledig beschreven, maar gaat bijvoorbeeld in D' de veldsterkte omhoog, dan wordt niet de tak $D'C$, maar $D'F'$ gevolgd. Bij verdere magnetisering volgt weer $F'B$, bij vermindering van de magnetisering gaat het echter weer langs dezelfde reversibele tak $F'D'$ terug.

Werkelijke magnetiseringskromme

Indien in een spoel een stuk ijzer gebracht wordt en men voert door de spoel geleidelijk toenemende gelijkstroom, dan zal ten gevolge van het veld H in de spoel, het ijzer magnetisch worden. Zetten we nu op twee onderling loodrechte assen de veldsterkte H en de inductie B uit (Fig. 32).

Neemt H toe, dan zal er een richtkracht worden uitgeoefend op de elementaire magneetjes, en deze zullen een weinig uit hun gesloten banen wijken, zonder echter hun samenhang te verbreken. B neemt dan zeer langzaam toe, *ongeveer evenredig met H* . Bij sterkere vergroting van H neemt de richtbreedte zover toe, dat de baansamenhang wordt verbroken. Plotseling tollen een aantal elementaire magneetjes tegelijk in de gerichte stand, *waardoor B sprongsgewijze sterk toeneemt (verschijnsel van Barkhausen (Fig. 33))*. Dit gaat zolang door totdat alle banen zijn vernietigd. De nu open banen van de elementaire magneetjes wijken nog iets uiteen door onderlinge afstoting. Door verdere vergroting van H komen ze zuiverder parallel te staan, waarbij de inductie B zeer langzaam toeneemt tot een maximum, waarna B nog slechts als in lucht toeneemt. Het maximum is de *verzadiging van het ijzer*.

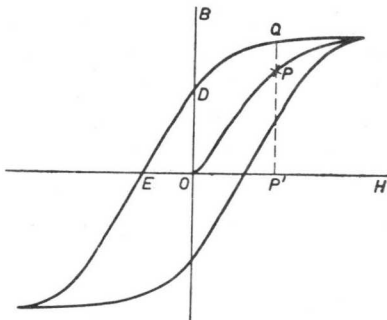


Fig. 32. De werkelijke magnetiseringskromme of hysteresislus heeft meer afgeronde hoeken ten gevolge van de onregelmatige structuur van het ijzer.

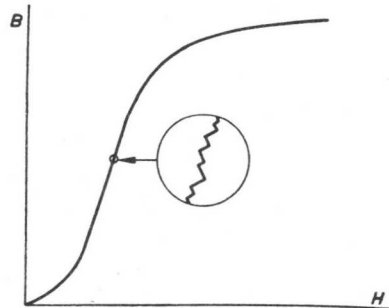


Fig. 33. Een sterk vergroot gedeelte van het rechte verloop tussen H en B toont ons de zogenaamde Barkhausen sprongetjes.

Neemt de stroom nu weer af, dan treedt er een traagheidsverschijnsel van de elementaire magneetjes op. Dit verschijnsel wordt *achterblijving* of *hysteresis* genoemd. Op de terugweg is daardoor bij gelijke H de inductie $P'Q > P'P$.

Wanneer de magnetiserende kracht $H = 0$ is geworden, is B nog niet gelijk 0. Het ijzer blijft dus magnetisch, en OD wordt *remanent magnetisme* genoemd. Om dit remanente magnetisme op te heffen moet de magnetiserende kracht, dus de stroom van de spoel, van richting veranderen. De magnetische veldsterkte OE die nodig is om de remantie op te heffen noemt men *coërcitie*. Bij verdere vergroting van de stroom loopt B weer in tegengestelde richting tot het maximum op, enz. In totaal ontstaat nu een lusvormige figuur, die haar oppervlakte te danken heeft aan het hysteresisverschijnsel en daarom *hysteresislus* heet.

Met behulp van een integreerende schakeling en een kathodestraalbuis kan men de magnetiseringskromme direct zichtbaar maken. Door een wisselstroom met geleidelijk afnemende sterkte te gebruiken, verkrijgt men Fig. 55. Uit deze figuur volgt dat, bij $H = 0$, ook $B = 0$ is.

Hysteresisverliezen

Gaat er wisselstroom door de spoel, dan wordt de lus per periode eenmaal doorlopen. De oppervlakte van de figuur is evenredig met de arbeid die nodig is om de elementaire magneetjes heen en weer te bewegen – de *ommagnetiseringsarbeid* of *hysteresisarbeid*. Deze arbeid moet men als een verlies beschouwen; hij gaat hoofdzakelijk over in warmte. Het is o.a. om deze reden nodig, voor onderdelen die aan een wisselveld zijn blootgesteld ijzersoorten te gebruiken waarvan de hysteresislus een kleine oppervlakte heeft. De hysteresisverliezen worden dan zo klein mogelijk gehouden.

Uit de hysteresiskromme volgt dat de oppervlakte van de lus sterk afhangt van de breedte, dus van de coërcitie. Voor het berekenen van onderdelen wordt vaak gebruik gemaakt van de empirische formule van *Steinmetz*. Hiermee kan men het verlies per periode en per cm^3 ijzer vrij nauwkeurig berekenen. Deze formule luidt:

$$A_h = \eta B_{\max}^{1.6} \text{ erg,}$$

waarin η een factor is die verband houdt met de soort ijzer, en B_{\max} de hoogste waarde die de inductie aanneemt.

Het magnetisch circuit

Zoals proefondervindelijk is aangetoond, vormen de krachtlijnen een circuit van noord naar zuid buiten de magneet, en van zuid naar noord

in de magneet. Hieruit volgt dat het aantal krachtlijnen in alle delen van het circuit even groot is.

Een *gesloten magnetisch circuit* bestaat alleen uit ijzer – er gaan dus geen krachtlijnen door de lucht (Fig. 34).

Een *open magnetisch circuit* bestaat niet over zijn gehele lengte uit ijzer (Fig. 35).

Een voorbeeld van een open magnetisch circuit is de magneetkop van een recorder, waarin vaak twee luchtwegen en twee ijzerwegen voorkomen. Als wij aannemen dat de flux Φ achter elkaar door een ijzerweg en een luchtweg van dezelfde doorsnede O gaat ($O_{Fe} = O_{lu}$), dan is de inductie B in ijzer en in lucht gelijk. In dit geval blijkt de luchtweg naar ver-

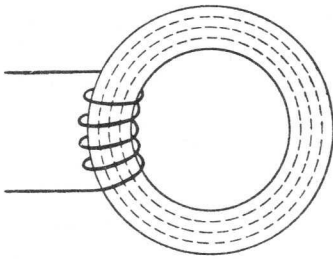


Fig. 34. Gesloten magnetisch circuit. Alle krachtlijnen gaan door ijzer.

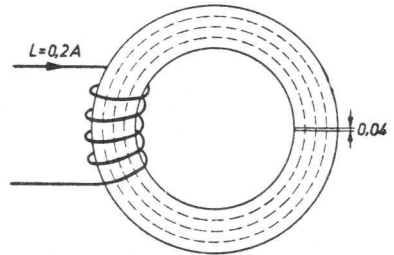


Fig. 35. Open magnetisch circuit. De krachtlijnen gaan behalve door ijzer ook door de luchtspleet van 0,04 mm breedte.

houding veel meer ampèrewindingen (AW) op te eisen dan de ijzerweg.

Een voorbeeld zal dit duidelijk maken. Een ringvormige elektromagneet (ijzerweg = 7,5 cm) heeft in de luchtspleet (lengte = 0,04 cm) een inductie van 1 Wb/m^2 ; door de spoel gaat 0,2 A. Hoeveel windingen zijn er nodig?

Het gehele aantal AW is gelijk aan de som van de lucht-AW en de ijzer-AW:

$$AW = AW_{lu} + AW_{Fe} .$$

De veldsterkte H is gedefinieerd als AW per eenheid van lengte, dus

$$AW_{lu} = H_{lu} l_{lu} \text{ en}$$

$$AW_{Fe} = H_{Fe} l_{Fe} ,$$

d.w.z.:

$$AW = H_{lu} l_{lu} + H_{Fe} l_{Fe} .$$

Bij gegeven inductie is de nodige veldsterkte in lucht gegeven door de inductieconstante μ : $H_{lu} = B/\mu_0$.

Daaruit volgt hier:

$$AW_{\text{lu}} = \frac{1 \times 10^7}{4 \pi} \times \frac{4}{10^4} = 320.$$

In een tabel voor ijzer, waarin H_{Fe} is uitgezet ten opzichte van de inductie, blijkt nu dat bij $B = 1 \text{ Wb/m}^2$ geldt: $H_{\text{Fe}} = 300 \text{ A/m}$, dus:

$$AW_{\text{Fe}} = 300 \times \frac{7,5}{100} = 23.$$

Het nodige aantal AW wordt:

$$AW = 320 + 23 = 343.$$

Uit deze berekening wordt het duidelijk, dat de luchtspleet het grootst aantal ampèrewindingen, namelijk 320, voor zich opeist en dat de ampèrewindingen voor het ijzer praktisch te verwaarlozen zijn. Het gezochte aantal windingen is dan:

$$Z = \frac{AW}{I} = \frac{343}{0,2} = 1715.$$

Een geleider in een bewegend magnetisch veld van constante sterkte

De ervaring leert dat, indien een bewegend magnetisch veld in loodrechte richting een geleider passeert, er een elektromotorische kracht ontstaat. Maakt de geleider deel uit van een gesloten kring, dan leidt deze emk van inductie tot een stroom (Fig. 36). De richting van de emk is naar achteren gericht indien de beweging van het veld met de noordpool boven, van links naar rechts plaats heeft. Verder is aan te tonen dat de emk evenredig is met:

1. de inductie B ,
2. de snelheid v ,
3. de lengte l van het deel van de geleider dat in het veld ligt.

Men kan dus schrijven:

$$U = B \cdot l \cdot v$$

$$U \text{ in V,}$$

$$B \text{ in V} \cdot \text{s/m}^2 \text{ of Wb/m}^2,$$

$$l \text{ in m,}$$

$$v \text{ in m/s.}$$

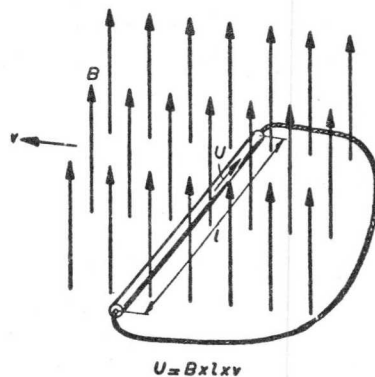


Fig. 36. Stroomgeleider in een bewegend homogeen magnetisch veld. B inductie, l lengte van de stroomgeleider, v snelheid van het veld, U spanning opgewekt in de stroomgeleider.

De *inductiewet* luidt:

De emk die wordt geïnduceerd in een geleider die met eenparige snelheid loodrecht op de krachtlijnen van een homogeen magnetisch veld wordt bewogen, is gelijk aan het produkt van inductie, snelheid en de lengte van de draad.

Dit is de z.g. dynamoformule, omdat zij voor het berekenen van dynamo's wordt gebruikt.

Een geleider in een magnetisch veld van veranderlijke sterkte

Deze komt o.a. te pas in de magnetische geluidstechniek, en wel bij het weergeven. Het bewegend veld wordt veroorzaakt door de magnetische registratie op het band.

Het veld is hierbij niet constant, maar wisselt, per periode van de toon, van positief naar negatief. De geïnduceerde spanning zal dus ook van richting veranderen, waardoor een wisselspanning ontstaat met dezelfde frequentie als de magnetische variaties op het band. Hierbij kan echter geen gebruik worden gemaakt van de dynamoformule, omdat deze geldt voor een veld met constante sterkte. De inductiewet kan in een meer algemene gedaante worden gebracht door het beschouwen van Fig. 37. Een tweemaal omgebogen geleider is geplaatst in een homogeen magnetisch veld van inductie B . De krachtlijnen staan loodrecht op het vlak van tekening. Dwars over de omgebogen draad is een bruggeleider van lengte l verschuifbaar. Als deze geleider met eenparige snelheid v naar rechts wordt bewogen, ontstaat hierin een spanning:

$$U = B \cdot l \cdot v.$$

In de tijd dt wordt een weg $v \cdot dt$ afgelegd. De door de geleiders omsloten oppervlakte is nu vergroot met de oppervlakte:

$$l \cdot v \cdot dt,$$

en de door de geleiders omsloten flux is toegenomen met een bedrag:

$$d\varphi = B \cdot l \cdot v \cdot dt; \quad \text{dus } B \cdot l \cdot v = \frac{d\varphi}{dt} = U.$$

De flux φ is naar achteren gericht; de stroom die een flux in dezelfde

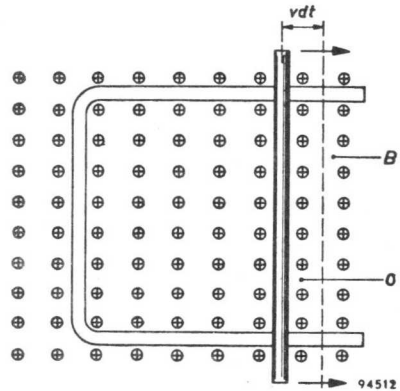


Fig. 37. Geleider, bewegend in een homogeen veld. B inductie, O oppervlaktevergroting van het omsloten veld vdt de in tijdsdeel dt afgelegde weg.

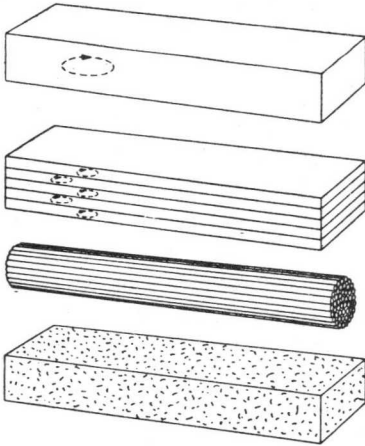


Fig. 38. De wervelstroomverliezen nemen af door de weg van de krachtlijnen door het ijzer te verdelen.

Van boven naar beneden: Massief ijzer, maximale verliezen. Gelamelleerd ijzer, verliezen afhankelijk van de dikte en de breedte van de lamellen en van de richting van het veld. Staafvormige kern, verliezen afhankelijk van de dikte van de staafjes en van één richting. Ferroxcube geeft de geringste verliezen, en deze zijn onafhankelijk van de richting van het veld.

krachten in het ijzer van de kern opwekken. Deze emk's zullen in het ijzer een stroom veroorzaken die men als verlies moet beschouwen; het gevolg hiervan is dat het ijzer warm wordt. Hoe hoger de frequentie en

hoe groter de inductie, hoe sterker de stromen worden ($U = -\frac{d\varphi}{dt}$).

Deze wervelstroomverliezen kan men beperken door de kern uit plaatjes op te bouwen, waardoor de emk, die evenredig is met de lengte van de geleider, sterk wordt verminderd. Het is nog beter, ook de plaatjes weer te verdelen (bijvoorbeeld in draadjes), of gebruik te maken van ijzerpoeder met een bindmiddel, of van Ferroxcube (Fig. 38).

De wervelstroomverliezen samen met de hysteresisverliezen noemt men *ijzerverliezen*.

richting zou veroorzaken, zou volgens de kurketrekker-regel rechtsoom door de geleiders moeten lopen. Het blijkt nu dat U tegengesteld is gericht en daarom negatief moet worden genoemd.

$$U = -\frac{d\varphi}{dt}$$

U in V

φ in $V.s$ of Wb

In woorden: *de geïnduceerde emk is gelijk aan de afneming van de omsloten magnetische flux per tijdseenheid.*

Wervelstroomverliezen

Bevat een spoel ijzer, zoals dit bij voorbeeld het geval is bij een magnetische kop, dan zal een variërend magnetisch veld niet alleen een spanning in de spoel veroorzaken, maar tevens elektromotorische

VI. HET MAGNETISERINGSPROCES

Wij zullen nu nagaan, op welke wijze gedurende het opnemen het „magnetisch patroon” op de band ontstaat en welke verschijnselen hierbij optreden.

Bij de theoretische beschouwing over het magnetiseringsproces hebben wij al gezien dat het materiaal gedurende dit proces de $B-H$ kromme doorloopt. Om echter het verloop van het opneemproces goed te begrijpen, dienen wij het verband te beschouwen tussen het veld H van de lichtspleet en de remanentie R in het band, die daarvan het gevolg is. Alleen indien dit verband lineair is, zal men een onvervormde opname kunnen maken. Gaat men uit van een band in ongemagnetiseerde toestand, dan kan men uit Fig. 39 aflezen dat, voor zwakke signalen waarvan de veldsterkte kleiner is dan de coërcitie, de magnetisering *reversibel* verloopt. Dit wil zeggen dat, indien het signaal = 0 wordt (dus het veld $H = 0$), er geen remanent magnetisme in het band zal zijn ontstaan.

Om het gedrag van de moleculaire magneetjes gedurende dit proces te verklaren, zullen wij iets dieper ingaan op het magnetisch materiaal dat tot dusverre in de gevoelige laag van magneetband wordt gebruikt. Deze laag bestaat uit een zeer groot aantal uiterst kleine deeltjes ijzer-oxyde ($\gamma \text{ Fe}_2\text{O}_3$), die zeer regelmatig in een bindmiddel zijn verdeeld, en zij is in een nauwkeurig constante dikte op een basismateriaal aangebracht. De deeltjes zijn meestal kleiner dan 0,001 mm en gedragen zich als minuscule magneetjes, die samen de magnetische eigenschappen van de band bepalen.

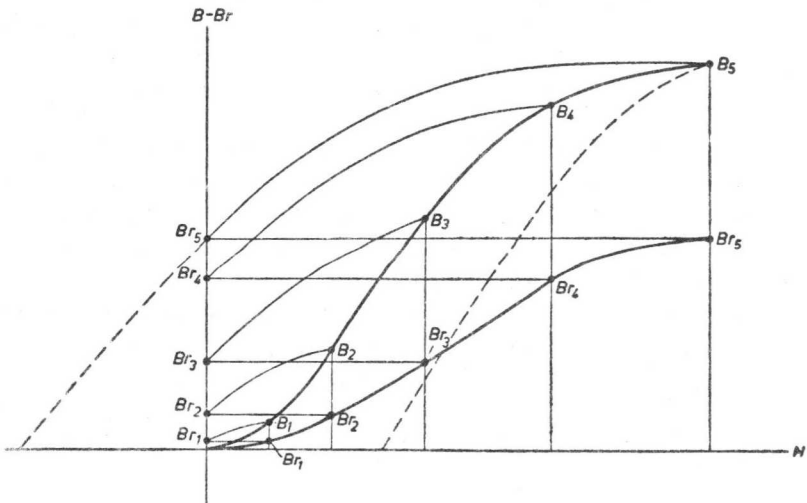


Fig. 39. Het afleiden van de B_r-H kromme uit de $B-H$ kromme.

De kwaliteit van magneetband kan worden beoordeeld naar de coërcitie van het magnetisch materiaal; deze is namelijk direct bepalend voor de hoogste frequentie die bij een bepaalde bandsnelheid kan worden opgetekend. Wij komen hierop nader terug bij de behandeling van het verband tussen spleetbreedte van de kop en de hoogste frequentie die kan worden weergegeven. De oudere types band die vroeger bij grotere snelheden werden gebruikt, hadden een coërcitie van ongeveer 8000 A/m. De moderne banden, als heden ten dage toegepast bij de populaire types recorders, hebben een coërcitie van 20 000—24 000 A/m, en ook hun remanentie ligt hoger dan die van de oude banden. Hierdoor is hun gevoeligheid groter, dat wil zeggen dat zij in de weergeefkop een hogere

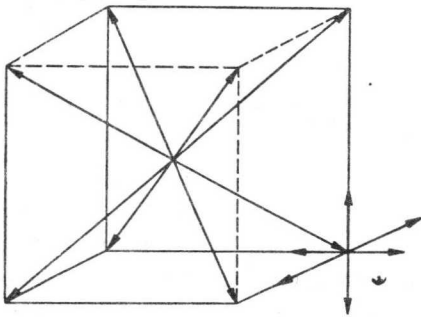


Fig. 40. In een cubisch ijzeroxydekristal zijn 14 magnetische voorkeursrichtingen.



Fig. 41. In een naaldvormig kristal zijn slechts twee voorkeursrichtingen.

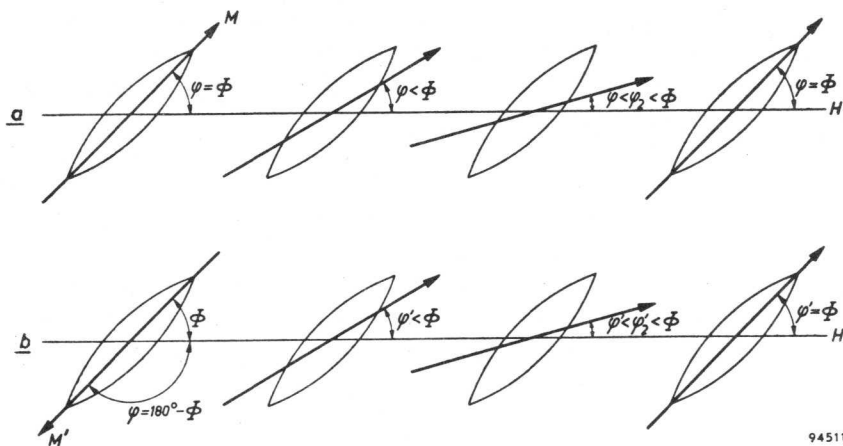
spanning induceren. Men heeft deze verbeteringen bereikt door ijzeroxyde te fabriceren dat in één bepaalde richting gemakkelijker kan worden gemagnetiseerd dan in alle andere. Deze eigenschap van de ijzeroxyde-deeltjes heet *magnetische anisotropie*.

Er zijn twee soorten in deze eigenschap aan te wijzen, namelijk vorm-anisotropie en magneto-kristallijne anisotropie.

Bij kubische ferromagnetische kristallen zijn er acht voorkeursrichtingen – telkens twee lijnrecht tegenovergestelde evenwijdig aan elk van de vier diagonalen van de kubus – en zes voorkeursrichtingen – telkens twee lijnrecht tegenovergestelde evenwijdig aan elk van de drie ribben (Fig. 40).

In moderne gamma-ferrioxydebanden ontstaat de magnetische anisotropie door het gebruik van *naaldvormige kristallen*, waarvan de lengte duidelijk groter is dan de breedte. Deze kristallen hebben slechts twee richtingen waarin zij kunnen worden gemagnetiseerd, namelijk de twee richtingen evenwijdig met de langste as (Fig. 41, zie ook „The Behaviour of Magnetic Particles during the Recording Process” van J. F. Doust in de „Journal of the British Sound Recording Association” van nov. 1956).

Wij zullen ons bij het magnetiseringsproces uitsluitend bepalen tot het gedrag van deze naaldvormige kristallen. Wij nemen aan dat de deeltjes ijzeroxyde van het band dat wij aan onze beschouwing onderwerpen, willekeurig gerangschikt liggen. Elk deeltje zal dus een zekere hoek ϕ



94511

Fig. 42. Tegengestelde magnetisatie-richtingen van gelijkliggende ijzeroxydekristallen zullen door veld H gelijkgerichte magnetisatie krijgen.

maken met de positieve richting van het magnetisch veld H (Fig. 42a). Indien het veld nul is, zal de richting van de vector van het magnetisch veldje van het kristalletje evenwijdig zijn aan de hoofdas van dit kristalletje, en dus gelijk aan de hoek Φ . Wordt H groter dan nul, dan zal M draaien in de richting van veld H en wordt φ kleiner. Door verdere vergroting van het veld wordt φ steeds kleiner. Wordt H daarna verlaagd, dan keert de vector M terug en bij H is nul wordt weer $\varphi = \Phi$; de vector is dan dus in zijn oorspronkelijke stand teruggekeerd. Het draaien van de vector was nu *reversibel*.

Nu beschouwen wij een deeltje dat dezelfde hoek Φ heeft, maar waarvan de vector M' tegengesteld gericht is aan die van het zojuist beschreven deeltje, zodat $\varphi = 180^\circ - \Phi$ (Fig. 42b). Indien nu H wordt verhoogd boven een bepaalde waarde zal M' plotseling draaien in een nieuwe richting, zodanig dat φ' ligt tussen nul en Φ . Verdere versterking van het veld doet M' ook verder in de richting van H draaien. Wordt nu H verlaagd tot nul, dan draait vector M' niet terug in zijn oorspronkelijke toestand waarbij $\varphi' = 180^\circ - \Phi$ is, maar komt in de tweede voorkeerrichting, waarbij $\varphi' = \Phi$ is. De vector M heeft nu een *irreversibele draaiing* ondergaan. Wordt de richting van het veld H omgekeerd, dan zal bij een bepaalde sterkte hiervan de vector natuurlijk weer omkeren en, na vermindering van H tot nul, in de oorspronkelijke stand $\varphi' = 180^\circ - \Phi$ terugkeren.

Beschouwen wij nu weer de magnetische laag van een band die niet is gemagnetiseerd, dan zal de som van de componenten van magneetvectoren

van de deeltjes gelijk nul zijn. Met andere woorden: er is aan de oppervlakte van deze band geen magnetisch veld aanwezig. Wij kunnen ons dit nog eenvoudiger voorstellen door aan te nemen dat de magnetische laag bestaat uit een groot aantal in paren voorkomende kristallen waarvan de hoofdasen parallel liggen en waarvan de vectoren tegengesteld zijn gericht en daardoor elkaars veld neutraliseren (Fig. 43a). Brengen wij nu een veld aan dat sterker is dan de kritische waarde en dat daarna tot nul wordt verzwakt, dan zullen van elk paar de vectoren van de beide deeltjes dezelfde richting hebben, en zal er dus een magnetisch veld in de band zijn ontstaan (Fig. 43b); de band is gemagnetiseerd.

Voor elk deeltje hangt de kritische waarde van het veld af van de

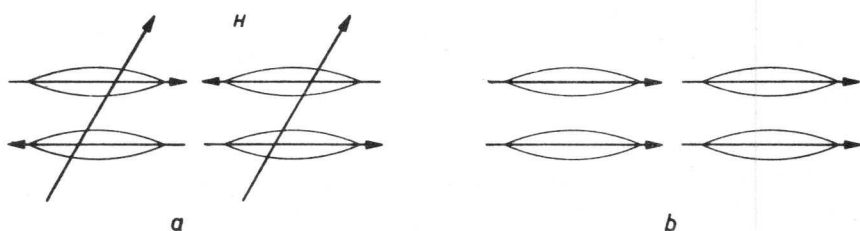


Fig. 43. De tegengestelde gemagnetiseerde en in één richting liggende ijzeroxyde kristallen (a) worden onder invloed van veld H gericht, waardoor de neutrale toestand van de band overgaat in de gemagnetiseerde (b).

hoek die zijn as maakt met de richting van het veld en met de afmetingen en de magnetische eigenschappen van het materiaal. Aangezien zeer vele deeltjes willekeurig zijn georiënteerd ten opzichte van het veld H , zullen er, zodra het veld de kritische waarde iets overschrijdt, enige deeltjes irreversibel gaan draaien. Er zal dan, indien het veld tot nul wordt verzwakt, een gering remanent magnetisme overblijven – het materiaal zal dan zwak gemagnetiseerd blijven. Wordt het veld H echter nog iets versterkt, dan zullen er meer vectoren irreversibel draaien en zal, na reductie van het veld tot nul, het remanente magnetisme zijn toegenomen en de band dus sterker zijn gemagnetiseerd. Dit kan zo doorgaan tot alle deeltjes die daarvoor in aanmerking komen irreversibel gedraaid zijn en aldus de maximale remanentie is bereikt. Wel zullen de vectoren bij nog verdere versterking van het veld reversibel draaien in de richting van H , maar na vermindering van H zullen zij naar hun dichtstbijzijnde voorkeurrichting terugkeren. Fig. 44 laat het verband zien tussen het veld H en de remanentie B_r .

Wordt het veld versterkt van 0 tot H_1 of H_1' , dan zijn alle vector-draaiingen reversibel en blijft $B_r = 0$. Indien het veld groter wordt dan H_1 , zal B_r afhankelijk zijn van het aantal vectordraaiingen dat heeft plaats gehad, en dit hangt weer samen met de sterkte van veld H . Wanneer H_2

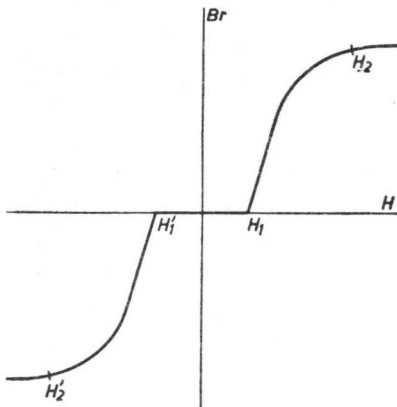


Fig. 44. Het theoretisch verband tussen de veldsterkte H en de remanentie in de band B_r .

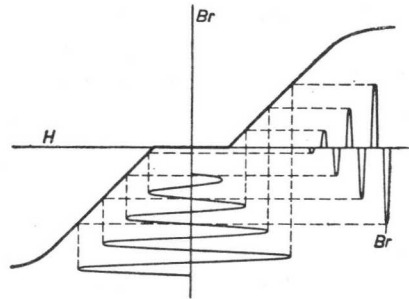


Fig. 45. Het verband tussen de veldsterkte H en de remanentie B_r in een band. Ten gevolge van het niet-lineaire verloop tussen H en B_r , ontstaat, vooral bij zwakke signalen, zeer sterke vervorming.

bereikt is, hebben alle vectordraaiingen plaats gehad; B_r is dan maximaal. Verdere versterking van H heeft alleen nog maar reversibele vectordraaiingen ten gevolge.

Het opneemproces

Laten wij nu eens beschouwen wat er gebeurt indien wij door de magneetkop – dus de opneemkop – een sinusvormige stroom sturen en een band met constante snelheid langs de luchtspleet laten passeren.

Is de snelheid van de band groot genoeg, dan kunnen wij aannemen dat het veld gedurende het passeren van een magnetisch deeltje vrijwel niet verandert. Er zal dan dus wel een verband bestaan tussen het magnetisch veld dat wordt opgewekt door de stroom door de kop en het remanente magnetisme in de band dat hiervan het gevolg is.

Wij kunnen de kromme in Fig. 44 de *geschematiseerde opneemkarakteristiek* noemen. Deze is echter niet kenmerkend voor het bandmateriaal alleen, maar voor het gehele systeem, en kan naar willekeur worden gewijzigd. Gaan wij van band in ongemagnetiseerde toestand uit en nemen wij verder geen maatregelen, dan kan uit deze kromme worden afgelezen dat voor zwakke signalen, waarvoor de veldsterkte kleiner is dan H_1 , de magnetisering reversibel verloopt. De band heeft dan bij het passeren van de spleet geen remanentie gekregen. Eerst wanneer de toppen van het signaalveld boven de coërcitie uitkomen, zal de magnetisering irreversibel verlopen en zal de band door de remanentie blijvend worden gemagnetiseerd (Fig. 45). De remanentie is dan niet evenredig met de signaalstroom, maar met de coërcitie. Het resultaat is een sterk vervormd signaal.

Een verbetering zou ontstaan indien magnetisch materiaal met een

zeer kleine coërcitie werd gebruikt. De verkregen magnetisering zou dan door zeer zwakke velden kunnen worden verstoord, zodat deze „verbetering” zeer twijfelachtig moet worden genoemd. Dergelijke velden zijn namelijk vaak ongewenst aanwezig.

Voormagnetiseren met behulp van gelijkstroom

Om van de opneemkarakteristiek gebruik te kunnen maken, moeten wij maatregelen nemen om haar lineair te doen worden.

Vroeger paste men hiervoor gelijkstroom toe. De band werd voor het passeren van de opneemkop magnetisch verzadigd. Dan werd op het signaalveld nog een gelijkveld gesuperponeerd dat iets groter was dan de coërcitie, en wel zo groot dat, bij afwezigheid van het signaalveld, de band bij het verlaten van de opneemknop weer onmagnetisch werd. Het signaalveld kon dan magnetisering bereiken die er evenredig mee waren, zodat een bruikbare registratie werd verkregen (Fig. 46). Een nadeel van deze gelijkstroom-voormagnetisering is echter dat de verhouding tussen signaal en ruis zeer ongunstig wordt. Hierop zullen wij later terugkomen.

Voormagnetiseren met een hoge frequentie

Belangrijk voor de magnetische opneemtechniek was de uitvinding van de hoogfrequent voormagnetisatie. Men ontdekte namelijk dat door op het geluidsignaal een signaal van hoge frequentie te superponeren, de magnetische registratie aanzienlijk kan verbeteren. Daarmee kon deze techniek een grootse toekomst tegemoet gaan.

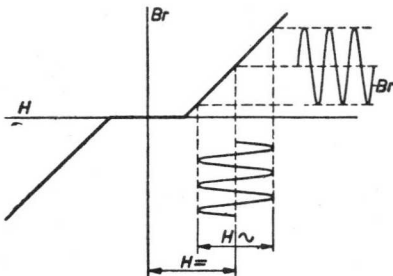


Fig. 46. Het verband tussen H en B_r na het aanbrengen van een gelijkstroomveld $H =$ is nu lineair geworden; dus geen vervorming. Alleen de positieve B_r -krommehelft wordt gebruikt

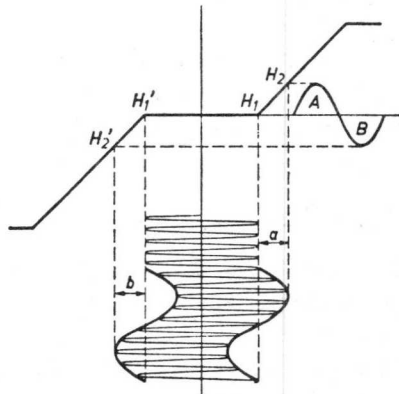


Fig. 47. Het verband tussen B_r en H na het aanbrengen van een wisselstroomveld ter grootte van $H^1 - H$. Zowel de positieve als de negatieve B_r -kromme zijn nu in gebruik

De werking van het voormagnetiseringsveld kan worden verklaard uit het gedrag van de magnetische deeltjes, zoals reeds beschreven.

Wij voeren een signaal van hoge frequentie aan de magneetkop toe en nemen de sterkte ervan zodanig dat de amplitude van het hierdoor veroorzaakte veld gelijk is aan H_1 en H_1' , zoals in Fig. 47, is voorgesteld. Is het band dat zich langs deze kop beweegt ongemagnetiseerd, dan ondergaan de deeltjes reversibele draaiingen, aangezien de coërcitie niet wordt overschreden. Wordt nu een veld van lage frequentie toegevoegd, dan zullen de pieken van de som van hoog- en laagfrequent zich bewegen naar H_2 en H_2' . Beschouwen wij het gedeelte a van deze somfrequentie, dan zullen de rechter pieken zich bewegen tussen H_1 en H_2 en worden de gedurende deze periode passerende magneetdeeltjes van de band aan irreversibele draaiing onderworpen. Het gevolg hiervan is een magnetiseringssterkte die verloopt volgens A , in positieve richting. Het linkerdeel van de periode a blijft in het gebied van de magnetiseringskromme waar de deeltjes van het band aan een reversibele draaiing blootstaan, waardoor geen remanentie in het band ontstaat. Voor het gedeelte b van de laagfrequentie-magnetiseringsperiode worden de ijzeroxydedeeltjes in negatieve richting aan een irreversibele invloed onderworpen. Hierdoor verloopt de magnetiseringssterkte in negatieve richting, zoals B aangeeft. Het resultaat hiervan is, dat er in het band een magnetiseringspatroon is ontstaan dat overeenkomt met het oorspronkelijke laagfrequentie signaal. Wij kunnen uit dit resultaat concluderen dat het effect van het voormagnetiseringsveld als het ware de beide hellende gedeelten van de remanentiekromme in elkaars verlengde brengt. Wij kunnen de aldus ontstane kromme, de *lineaire geschematiseerde opneemkarakteristiek* noemen (Fig. 48).

Tot dusver hebben wij aangenomen dat de magnetische deeltjes van het opneemmedium volkomen aan elkaar gelijk zijn, waardoor de geschematiseerde opneemkarakteristiek ontstond. De praktijk is echter anders, en wij zullen daarom nagaan hoe het opneemproces in de praktijk verloopt.

Het opneemproces zoals het in de praktijk verloopt

Ten gevolge van de niet volkomen gelijkheid van de magnetische deeltjes in het band, zullen sommige van die deeltjes, onder invloed van een kleinere coërcitie irreversibele draaiing ondergaan. Hierdoor zullen de hoeken bij de laagste remanentiewaarden worden afgerond. Aldus gaat, bij een bepaalde theoretische voormagnetisatie, het lineaire verloop van het opneemproces verloren. Wij kunnen deze ongewenste toestand opheffen door ervoor te zorgen dat het voormagnetiseringsveld wordt versterkt. Fig. 49 laat zien hoe de opneemkromme verandert met de verster-

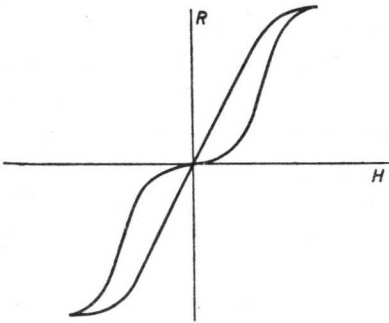


Fig. 48. De lineaire geschematiseerde opneemkarakteristiek. Ten gevolge van de hoogfrequentievoormagnetisatie zijn de positieve en negatieve flanken als het ware in elkaars verlengde geschoven.

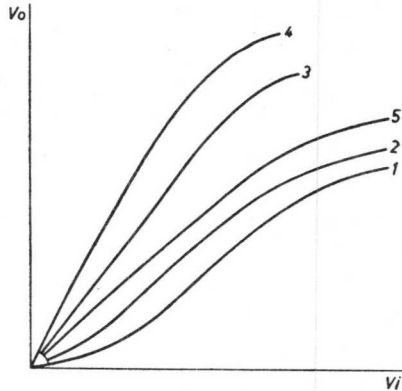


Fig. 49. Het verband tussen de op te tekenen signaalsterkte V_i en de signaalsterkte van de weergave V_o , bij verandering van de voormagnetisatiestroom I_m . Krommen 1, 2, 3, 4 en 5 ontstaan respectievelijk, indien de voormagnetiseringsstroom sprongsgewijze toeneemt van zeer zwak (1) tot zeer sterk (5).

king van het voormagnetiseringsveld. De kromming in het midden van de karakteristiek neemt dan af en de steilheid neemt toe. Bij een bepaalde versterking is de kromme recht geworden en is de steilheid maximaal (zie kromme 4). Verdere versterking van het veld veroorzaakt vermindering van de helling en tegelijkertijd een afbuiging van de kromme naar de H -as (zie kromme 5).

De invloed van de variabele voormagnetisering op de opneemkromme is bekend door de relatie tussen de opbrengst van laagfrequentie signalen in het band (dit is de spanning die in de weergeefkop wordt geïnduceerd) en de grootte van de voormagnetiseringsstroom (Fig. 50), en tussen de

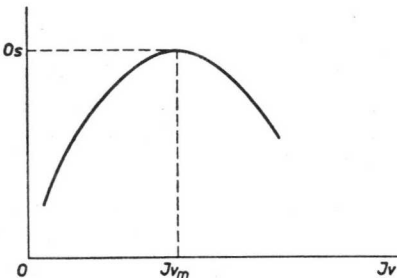


Fig. 50. Het verband tussen de voormagnetisatiestroom I_m en de afgegeven signaalsterkte tijdens het weergeven van de band bij constante opneemsterkte. $I_{m,m}$ is de maximale voormagnetisatiestroom.

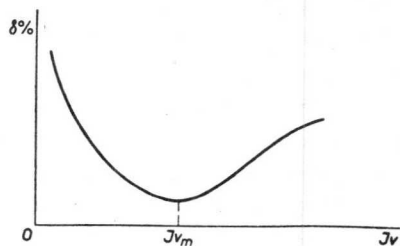


Fig. 51. Het verband tussen de voormagnetisatiestroom I_m en de vervorming in de band.

opbrengst en de harmonische vervorming bij variabele voormagnetiseringsstromen (Fig. 51). Het valt te begrijpen dat ook nog andere factoren op deze betrekkingen van invloed zijn. Zo zal de invloed op de magneetdeeltjes van het magnetisch materiaal die aan de drager grenzen, afwijken; door hun grotere afstand tot het veld van de opneemspleet zal hun remanentie zwakker zijn. Dit verschijnsel neemt toe met de frequentie.

Beschouwen wij de opbrengstkaracteristiek van Fig. 50, dan blijkt, dat bij lage voormagnetiseringsstromen het opbrengstniveau zeer laag is. Dit was, aan de hand van het middelste horizontale gedeelte van de opnamekromme, niet anders te verwachten.

Verhogen wij de voormagnetisering, dan wordt de voormagnetiseringskromme rechter en steiler, wat betekent dat de opbrengstgevoeligheid van het band toeneemt. Tenslotte leidt verhoging van de voormagnetisering tot terugbuiging van de kromme en dus tot vermindering van de opbrengst.

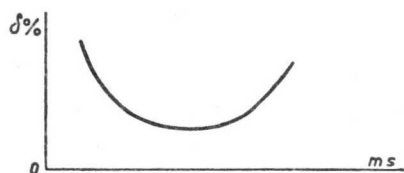


Fig. 52. Het verband tussen de modulatiestroom en de vervorming.

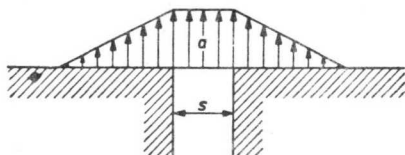


Fig. 53. Het verloop van het wisveld voor de wiskop. Voor de spleet wordt de magnetische verzadiging van de band bereikt. De magnetisering neemt geleidelijk af tot nul, waarna de band volledig gewist is. a = veldsterkte s = spleetlengte.

De vervormingskarakteristiek van Fig. 51 geeft aan dat, bij een geringe voormagnetisering, de vervorming afneemt bij toeneming van het signaal. Bij een bepaald punt bereikt deze vervorming een minimum en daarna neemt zij weer toe. Dit kan ook aan de hand van de opneemkromme worden verklaard. Door de kromming in het midden zullen zwakke signalen sterk vervormd zijn (Fig. 52); bij grotere signaalsterkte wordt de opneemkromme rechter en neemt de vervorming dus af. Na het bereiken van de verzadiging van de opneemkromme neemt de vervorming weer toe.

Bij verhoging van de voormagnetiseringsstroom wordt de opneemkromme rechter en zal minimale vervorming bij een lager signaalniveau optreden. Is de voormagnetisering zo sterk dat de opneemkromme recht is geworden, dan zal de vervorming bij zwakke signalen minimaal zijn en met het stijgen van de signaalsterkte naar het verzadigingspunt toenemen. Is dit punt gepasseerd, dan neemt zij nog sterker toe ten gevolge van de ombuiging van de opneemkromme naar de H -as.

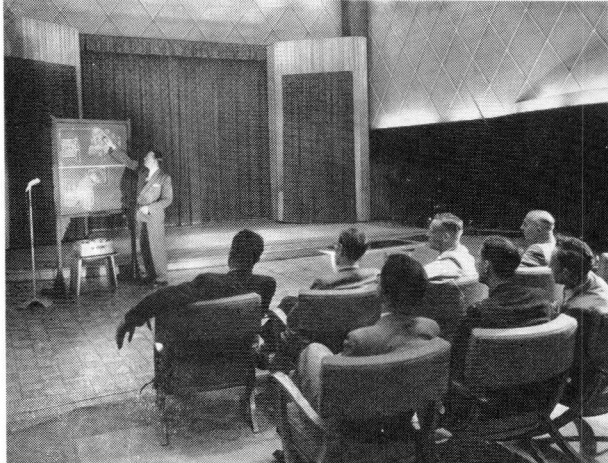


Foto 9. Het vastleggen van een lezing met behulp van een magnetische recorder.



Foto 10. Recorder uit de laagste prijsklasse met één bandsnelheid. Drukknopbediening en 18 cm spoelen.



Foto 11. Recorder uit de middelste prijsklasse met 3 bandsnelheden: 4,75-9,5 en 19 cm/sec. Drukknopbediening, 18 cm spoelen, 4 sporen techniek.



Foto 12. Mechanisch gedeelte van een professionele recorder met een bandsnelheid van 76 en 38 cm/s.

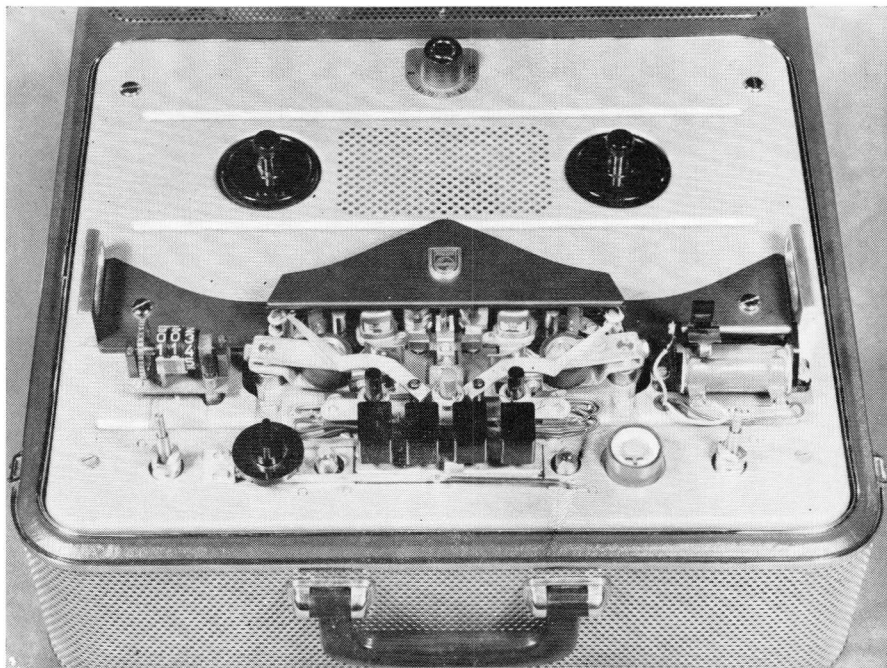


Foto 13. Recorder uit de hoogste prijsklasse met drie bandsnelheden, drie motoren en opneem- en weergeefmogelijkheid in beide richtingen met automatische omkering van de bandloop. Rechts ziet men de regelschuif voor het instellen van de spoelsnelheid en de speelrichting.

Het wissen

Het wissen geschiedt doordat de band langs de brede spleet van de wiskop loopt. Er ontstaat voor deze spleet een sterk strooiveld, daar een hoogfrequentie wisselstroom van vrij grote sterkte door de wiskop wordt gevoerd (Fig. 53).

De magneetdeeltjes van het band doorlopen dit strooiveld en worden blootgesteld aan een veldsterkte die eerst geleidelijk toeneemt tot een maximum, en daarna geleidelijk vermindert tot nul. De frequentie van het wisselveld moet zo groot zijn, dat de magneetdeeltjes gedurende het passeren van de spleet aan een groot aantal wisselingen onderhevig zijn;

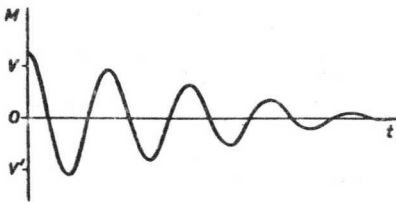


Fig. 54. Het verloop van de veldsterkte gedurende het wissen van de band. Bij V en V' komt de band in verzadiging. De magnetisering neemt sprongsgewijze af tot de band geheel gedemagnetiseerd is.

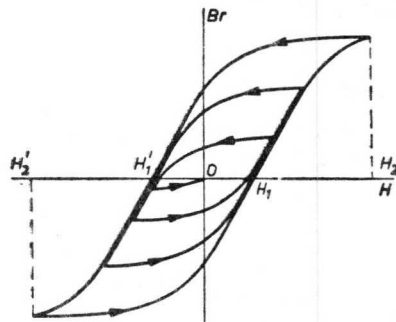


Fig. 55. Het verloop van de B_r - H kromme gedurende het wissen. Bij H_2 en H_2' wordt de band verzadigd en daarna worden steeds kleinere lussen doorlopen tot 0 bereikt wordt: $H_0 = B_{r0}$.

de maximale veldsterkte dient zo groot te zijn dat de magneetdeeltjes in hun verzadigingstoestand worden gebracht (Fig. 54).

Wij veronderstellen nu, dat het magnetisch veld waaraan de deeltjes worden onderworpen met de tijd verloopt, zoals is aangegeven in figuur 55. Daar de beide sterktetoppen van het veld de waarden H_2 en H_2' in positieve en negatieve richting overschrijden, zullen alle magnetiseringsvectoren, onafhankelijk van enige remanentie inductie die in het band aanwezig was, in elke periode van het veld tweemaal irreversibele draaiingen ondervinden. Het veld neemt af met de tijd, en zodra een top bij voorbeeld in de negatieve richting H_2' niet meer bereikt, zullen er enkele magnetiseringsvectoren met componenten in positieve richting achterblijven. De daarop volgende positieve top zal kleiner zijn dan de vorige negatieve. Daardoor zullen er enkele magnetiseringsvectoren met negatieve componenten achter blijven, enz. Op het ogenblik dat de positieve en negatieve toppen van het veld H_1 en H_1' hebben bereikt, zal de ene helft van de magnetiseringsvectoren een negatieve, en de andere

een positieve richting hebben. De som van de vectoren zal dan $= 0$ zijn, hetgeen betekent dat het materiaal is gedemagnetiseerd. Het zal hiermee duidelijk geworden zijn dat het hoogfrequentie wisselveld van de voormagnetiseringsstroom van de opneemkop het gedeeltelijk uitwissen van de magnetische banden kan veroorzaken. Men maakt van dit verschijnsel wel eens gebruik bij het „bijmengen” van reeds op band geregistreerde muziek met spraak. Men dient er dan echter voor te zorgen dat bij de tweede opname de band niet over de wiskop loopt. De eerste opname wordt dan slechts gedeeltelijk uitgewist en de spraak wordt met normale sterkte opgenomen.

Wij komen later nog terug op de invloed van voormagnetisering op de frequentiekaracteristiek.

Kopieereffect

Onder kopieereffect verstaat men de overdracht van de magnetisering van de ene laag van opgespoeld band op de naburige lagen (Fig. 56).

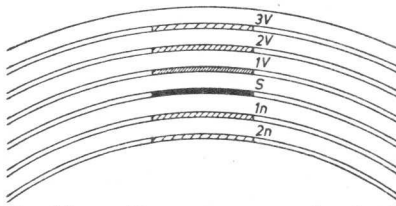
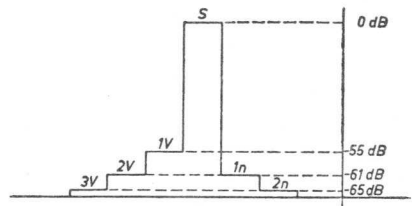


Fig. 56. a. Het ontstaan van het kopieereffect. Zes lagen van een spoel band zijn getekend. S is een sterk signaal. 1v, 2v, en 3v zijn vóór-echo's, 1n en 2n zijn na-echo's veroorzaakt door het naar buiten tredende veld van S.



b. De sterkte van de voor- en na-echo's in de dB ten opzichte van het signaal S.

Het kopieereffect wordt in hoofdzaak veroorzaakt door warmtebeweging. Men neemt namelijk aan dat de magnetiseringsvectoren onder invloed van warmte niet in rust verkeren, maar enigszins trillen.

Wij hebben in het voorafgaande aangenomen dat het omzwaaien van de deeltjes uitsluitend geschiedde onder invloed van een uitwendig magnetisch veld. Dit omzwaaien kan echter ook worden veroorzaakt door de warmtebeweging. Komt een zwak veld in de magnetische laag onder invloed van een sterk veld in een aangrenzende laag, dan zal in dit zwakke veld een evenwichtsverschuiving kunnen optreden, die nog niet tot gevolg heeft dat er irreversibele draaiingen voorkomen. Door de warmtebeweging wordt echter extra energie toegevoegd, waardoor het omzwaaien van sommige vectoren wel kan plaats hebben. Na verwijdering van het „sterke” veld – na het afwikkelen van de band dus – keren

deze vectoren langzaam of geheel niet in hun oorspronkelijke toestand terug en het kopiëren is geschied.

In de praktijk blijkt het kopieereffect inderdaad van de temperatuur afhankelijk te zijn, maar ook logaritmisch met de tijd van inwerking te verlopen. Na het afwikkelen van de band keren de reversibel gedraaide vectoren gedeeltelijk naar hun uitgangsstand terug; de omgezwaaide vectoren zullen dat in het algemeen niet doen.

Ook wisselvelden van vreemde oorsprong kunnen een sterk kopieereffect ten gevolge hebben. Hun invloed kan zo groot zijn dat, bij toepassing van een hoogfrequentieveld, kopiëren van een moederband op een niet gemagnetiseerde band kunnen worden gemaakt. Om hierbij goede resultaten te bereiken, moet men aan de magnetische eigenschap van de moederband andere eisen stellen (hoge coërcitie) dan aan die van de maagdelijke band, waarop de kopie moet worden gemaakt.

Het kopieereffect ten gevolge van de warmtebeweging blijkt afhankelijk te zijn van de golflengte van het geregistreerde signaal. Bij een bandsnelheid van $30''/s$ (76,2 cm/s) ligt het maximum bij 2200 Hz – een frequentie waarvoor ons oor zeer gevoelig is, zodat in dit geval zeer geringe kopieereffecten al hoorbaar zijn. Bij $15''/s$ (38,1 cm/s) ligt het maximum bij 1100 Hz; bij $7\frac{1}{2}''/s$ (19 cm/s) bij 550 Hz; bij $3\frac{3}{4}''/s$ (9,5 cm/s) bij 275 Hz; bij $1\frac{7}{8}''/s$ (4,8 cm/s) bij 140 Hz. De waarneembaarheid – en dus de hinderlijkheid – neemt dus af met de bandsnelheid (zie oorgevoeligheidskromme (Fig. 5). Bij moderne banden ligt het gekopieerde signaal, na 24 uur bewaren, bij $20^\circ C$ en, direct na het afwikkelen gemeten, ongeveer 55 dB onder het maximale signaalniveau.

Bij onze beschouwingen over het opneemproces hebben wij geen rekening gehouden met de invloed van de dikte van de magnetische laag, de veldverdeling van de opneemkop en het magnetisch effect van de weergeefkop. Deze invloeden zullen geen ernstige inbreuk maken op onze bespreking van dit proces, maar zij zullen wel ter sprake komen in de hoofdstukken over de desbetreffende onderdelen.

Geruisverschijnselen

De magnetische deeltjes in het band veroorzaken nog bijverschijnselen, die men geruis noemt. Men onderscheidt twee soorten geruis, namelijk:

nulgeruis of maagdelijk geruis, dat hoorbaar is wanneer het band niet-magnetisch, dus ongebruikt of maagdelijk is, of in bandopnamen op ogenblikken dat de modulatie nul is;

modulatiegeruis, dat pas optreedt wanneer het band wordt gemoduleerd, en dat afhankelijk is van de modulatiesterkte.

Nulgeruis

Bij de aanvankelijke beschouwing van de opneemeigenschappen van het magnetisch materiaal zijn wij ervan uitgegaan dat de ijzeroxydekristalletjes volkomen homogeen in de magnetische laag van het band verdeeld zijn. Liggen deze kristalletjes aaneengesloten en zijn zij 0,001 mm groot, dan zullen er bij een snelheid van $7\frac{1}{2}''/s$ (19 cm/s), een laagdikte van 0,015 mm en een bandbreedte van 6,3 mm, per seconde ruwweg 2×10^{10} deeltjes langs de spleet van de weergeefkop gaan.

Is de band volkomen ongemagnetiseerd, dan zijn de magneetvectoren van alle deeltjes, zoals wij reeds hebben besproken, zodanig gericht dat zij elkaars magnetisch veld opheffen. Toch zal er van elk deeltje nog een zwak magnetisch veldje uitgaan – een z.g. *multi-poolveld*, waarvan enkele krachtlijnen aan de oppervlakte van het band meetbaar zullen zijn. Deze krachtlijnen liggen op microscopisch kleine afstanden en veroorzaken een wisselveld in de weergeefkop en dus een wisselspanning die na versterking als nulgeruis hoorbaar wordt. Men kan berekenen dat het zojuist gevonden aantal deeltjes dat per seconde langs de kop gaat een geruis zou moeten veroorzaken van –80 dB. Aangezien deze deeltjes door een bindmiddel zijn omringd, is hun aantal veel kleiner. Hierdoor, en door enige andere, ten dele onbekende oorzaken, kan dit geruis meestal niet lager worden dan –55 dB.

Modulatiegeruis

Gaan wij een band moduleren – dus van een geluidregistratie voorzien – dan ontstaat er nog een tweede verschijnsel dat verband houdt met de magnetische deeltjes, en dat bekend staat onder de benaming modulatiegeruis. Dit is een geruis dat toeneemt met de sterkte van het geregistreerde signaal. Het is hoorbaar als een suizend geluid, dat in ernstige gevallen het gereproduceerde geluid gevoileerd doet klinken. Bij enkelvoudige trillingen is het het best waar te nemen.

De oorzaak van dit geruis moet worden gezocht in de structuur van de magnetische laag. De deeltjes zijn in deze laag namelijk niet, zoals wij

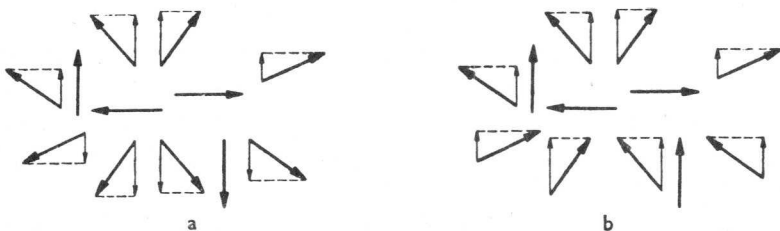


Fig. 57. a. Niet gemagnetiseerde band; richting van de vectoren verdeeld. b. Gemagnetiseerde band; richting van de meeste vectoren gelijk.

oorspronkelijk hadden aangenomen, volkomen gelijkmatig verdeeld, maar min of meer tot klompjes verenigd. Voorts is de laagdikte van het band nooit volkomen constant, maar vertoont geleidelijk verlopende en sprongsgewijze variaties.

Is het band gemagnetiseerd, dan zijn de vectoren van alle deeltjes in dezelfde richting gedraaid (Fig. 57). Ten gevolge van de klompjes en de diktevariaties ontstaat nu een signaal dat als het ware gemoduleerd is met een storingssignaal, welk laatste evenredig is met de klompjes en de laagdikte, en verder nog afhankelijk is van de modulatiesterkte (Fig. 58).

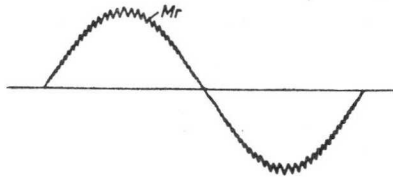


Fig. 58. Het verloop van het modulatiegeruis M_r in verband met de signaalsterkte. Signaal maximaal, M_r maximaal. Signaal nul, geruis nul.

De verhouding tussen signaal en modulatiegeruis bedraagt tegenwoordig bij goed band ongeveer 50 dB.

Modulatiegeruis kan goed hoorbaar worden gemaakt door een band met een permanente magneet te magnetiseren. Men meet het in de praktijk door met de normale voormagnetiseringsstroom een gelijkstroom aan de opneemkop toe te voeren die dezelfde effectieve waarde heeft als de maximale signaalwisselstroom.

Het kan voorkomen dat de kern van een magneetkop blijvend magnetisch wordt, bijvoorbeeld door aanraking met een magnetische schroevendraaier of een dergelijk voorwerp. Het resultaat is een gelijkstroomveld dat invloed op het band uitoefent – er ontstaat dus overmatig geruis. Dit onderwerp komt verder nog ter sprake in het hoofdstuk De Magneetkopen.

Demagnetisatie verliezen

Onder demagnetisatie verliezen verstaat men het verschijnsel, dat tonen met zeer korte golflengten, zwakker worden weergegeven dan zij werden geregistreerd. Bij zeer korte golflengten komen de noord en zuid magneetjes zo dicht bij elkaar te liggen dat de gedurende het opnemen noord en zuid gerichtte vectoren onder invloed van elkaars velden weer reversibele draaiingen ondergaan, waardoor een gedeelte van de registratie gedemagnetiseerd wordt. Dit verschijnsel staat uitsluitend in verband met de golflengte en met de permeabiliteit van het ijzeroxyde van de band.

VII. HET MECHANISME VAN DE RECORDER

De taak van het aandrijfmechanisme is, de band die van de ene spoel komt met zo constant mogelijke snelheid langs de magneetkoppen te voeren en vervolgens op de andere spoel te wikkelen.

Voor het precies handhaven van de snelheid heeft men de keuze uit drie principes, die in elementaire vorm zijn weergegeven in Fig. 59.

Fig. 59a laat een systeem zien waarbij de opwikkelspoel met constante snelheid wordt aangedreven. Het nadeel hiervan is, dat de bandsnelheid bij het opwikkelen evenredig met de diameter van de opgewikkelde rol

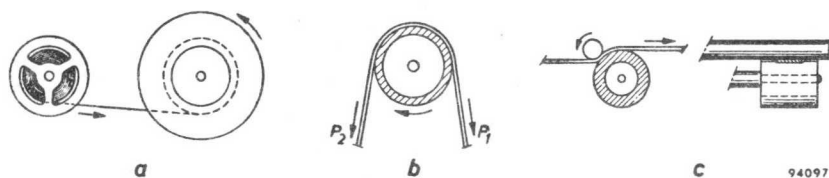


Fig. 59. Verschillende methoden om band aan te drijven. a. Bandaandrijfsysteem met variabele bandsnelheid (gebruikt bij dicteermachine). b. Bandaandrijfsysteem met constante bandsnelheid. Zonder aandrukrol weinig toegepast. c. Bandaandrijfsysteem met toonas en rubberaandrukrol. Meestal toegepast.

band toeneemt, zodat niet wordt voldaan aan de internationale eis dat de bandsnelheid slechts binnen een zeer klein percentage afwijkingen mag ver-tonen ($\pm 2\%$). Dit systeem is niet goed bruikbaar voor het registreren van muziek, omdat de rol band op de opwikkelspoel nooit zuiver rond wordt, zodat de band ook nog aan kortstondige snelheidsvariaties onderhevig is.

Het eerste verschijnsel leidt tot verlaging van de frequenties bij de weergave van de opgenomen tonen als men van het begin van een band een stuk zou afknippen, het tweede leidt tot gejeengel.

Een volgend systeem dat, indien er geen slip optreedt, wel een constante snelheid over de gehele lengte van een band garandeert, is aangegeven in Fig. 59b. Het berust op het principe van de kaapstander.

Een rol wordt met constante snelheid aangedreven. De omtrek van de rol is met een zorgvuldig glad geslepen laag rubber bedekt. Het band wordt met een zodanige hoek om de rol geslagen, dat het een groot gedeelte van het rubberoppervlak bedekt. Door een oordeelkundige keuze van de opwikkelkracht P_1 en de terughoudkracht P_2 zal de band niet over de rol gaan schuiven. Het is echter een bezwaar dat de rubber rol, de nauwkeurigste oppervlaktebewerking ten spijt, door nawerking, uitdroging e.d. nooit geheel rond blijft, waardoor jengelen en kanariën kunnen optreden.

Het beste en meest toegepaste – maar tevens het duurste – systeem is dat van Fig. 59c, dat eveneens op het kaapstanderprincipe berust. Het wijkt iets van de scheepskaapstander af en bestaat uit een „toonas” die een nauwkeurig eenparige omwentelingssnelheid heeft, welke zo is gekozen dat de omtreksnelheid volkomen gelijk is aan de gewenste bandsnelheid.

De band wordt tegen de toonas gedrukt met behulp van een rubberrol die gewoonlijk breder is dan de band en daardoor tevens in directe aanraking met de toonas komt. Door de wrijving van de rubberrol op de toonas en op de band wordt de goede overdracht van de toonas (omtreksnelheid) op de band (lineaire snelheid) verkregen. Het rechts van de as en de rol vrijkomende band dient nu nog op de rechter spoel te worden opgewikkeld. Deze spoel zal daartoe een veranderlijke snelheid moeten hebben, aangezien de doorsnede van de opgewikkelde rol band geleidelijk toeneemt. Daarom geschiedt de aandrijving van deze spoel via een slipkoppeling.

In Hoofdstuk III is er reeds op gewezen dat de variaties in de bandsnelheid zeer gering moeten zijn, wil men hinderlijk jengelen of kanariën voorkomen. Ook werd daar vermeld dat, voor wat betreft het constant houden van de snelheid, het medium band meer problemen met zich brengt dan de grammofoonplaat.

De onderdelen 1, 2, 3, 4 en 5 uit Fig. 60 kunnen alle invloed uitoefenen op het bandtransport; bovendien spreken hierbij de elasticiteit en de blijvende rek van het band een – zij het ook klein – woordje mee. Hoewel er dus vele mogelijke oorzaken van onbevredigend bandtransport zijn, hebben de fabrikanten van goede recorders de snelheidsvariaties binnen de vereiste grenzen weten te houden.

Behalve het met constante snelheid transporteren van de band bij het opnemen of weergeven, heeft het aandrijfmechanisme nog twee functies, namelijk:

snel terugwikkelen en opwikkelen van de band.

Men kan de mechanische functies kiezen met behulp van knoppen



Fig. 60. Onderdelen van een recorder die invloed kunnen uitoefenen op een regelmatig bandtransport. 1. Aflopende spoel. 2. Wis- en opneemknoppen. 3. Rubber aandrukrol. 4. Toonas. 5. Opwikkelspoel (vaak komen hier nog bandgeleidenden bij).

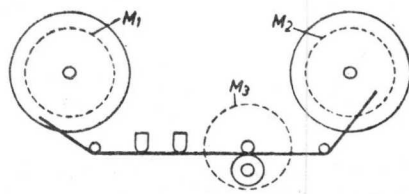


Fig. 61. Bandaandrijfsysteem met drie motoren: M_1 , M_2 en M_3 .

die vaak nog elektrisch zijn gekoppeld met de versterkers van de recorder, opdat deze daarmee meteen wordt ingesteld voor het opnemen of weergeven.

Voor de gebruiker is het van belang dat deze knoppen op een handige plaats zijn aangebracht, gemakkelijk te hanteren zijn, en zodanig zijn afgesteld, dat bij foutieve bediening band en mechanisme gespaard blijven

Foto 10 toont een recorder uit de laagste prijsklasse met druktoetsbediening; Foto 11 een uit de middenklasse met negen druktoetsen.

De druktoetsen hebben van links naar rechts gezien de volgende functies:

1. snel terugspoelen
2. snel stoppen of starten
3. stopknop, met ingebouwde modulatie-indicator
4. starten
5. snel vooruitspoelen

De toetsen uit Fig. 60 hebben, van links naar rechts gezien, de volgende functies:

1. weergeven
2. opnemen
3. snel stoppen en starten
4. snel terugwikkelen
5. stoppen
6. snel opwikkelen
7. inschakelen bandsnelheid 4,75 cm/s
8. inschakelen bandsnelheid 9,5 cm/s
9. inschakelen bandsnelheid 19 cm/s

We zullen enkele van de verschillende manieren bespreken waarop de spoelen en de toonas door elektromotoren en met behulp van rubberrollen en snaren kunnen worden aangedreven. Fig. 61 stelt een aandrijfsysteem voor,

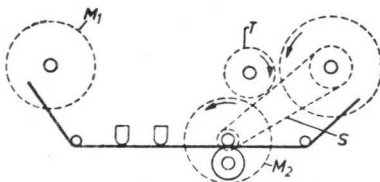


Fig. 62. Bandaandrijfsysteem met twee motoren: M_1 en M_2 , en één looprichting van de band.

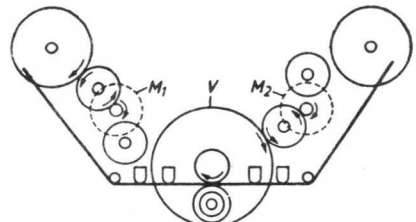


Fig. 63. Bandaandrijfsysteem met twee motoren, M_1 en M_2 , waarmee de band van rechts naar links en van links naar rechts kan spelen.

waarbij gebruik wordt gemaakt van drie elektromotoren, M_1 , M_2 en M_3 . Het aantal mechanische onderdelen is in dit geval minimaal, en in elk geval veel geringer dan bij de systemen van Fig. 62 en Fig. 63, waarbij alle krachten van twee motoren uit moeten worden gedistribueerd.

Motor M_1 van Fig. 61 dient voor het terugwikkelen van de band, M_2 voor het opwickelen gedurende opnemen en weergeven en voor het snel vooruitwikkelen, en M_3 drijft de toonas aan. In Fig. 62 is een systeem met twee motoren weergegeven. M_1 heeft als enige functie het terugwikkelen van de band en soms het op spanning houden van de band tijdens opnameweergave. De andere motor (M_2) dient voor het direct aandrijven van de toonas en indirect, met behulp van snaar S en via een slipkoppeling,

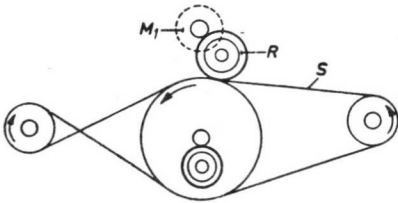


Fig. 64. Bandaandrijfsysteem met één motor: M_1 . Rubber rol R drijft het vliegwiel aan. Snaar S drijft de spoelen aan.

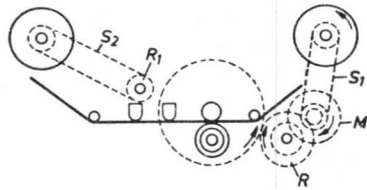


Fig. 65. Bandaandrijfsysteem met één motor: M , en twee snaren, S_1 en S_2 , voor het aandrijven van de bandspoelen.

van de opwickelspoel. Wordt de machine op terugwikkelen geschakeld, dan drijft M_2 via rubber wiel T de as van de opwickelspoel aan.

Ook in Fig. 63 vinden wij een systeem met twee motoren, maar nu in een volkomen symmetrische opstelling. Een kenmerkend verschil tussen dit mechanisme en de beide vorige is onder andere dat de toonas indirect door een motor wordt aangedreven. Bij het opnemen en weergeven drijft M_1 via een rubber rol het vliegwiel en daarmee de toonas aan. Intussen ontleent de opwickelspoel haar beweging aan motor M_2 .

In Fig. 64 wordt voor de bandaandrijving gebruik gemaakt van één motor. Bij het opnemen drijft hij via een rubber tussenwiel de toonas aan, en tevens, via een snaar en met behulp van een slipkoppeling, de beide opwickelassen. Door het langs mechanische weg veranderen van de slipkoppeling in een stijve koppeling, kan men bereiken dat de band snel wordt op- of teruggewikkeld.

Een soortgelijk aandrijfsysteem vindt men weergegeven in Fig. 65; hier bestaat echter de aandrijfsnaar uit twee delen. Bij het opnemen en weergeven wordt de toonas met vliegwiel aangedreven via rubber rol R , en opwickelen geschiedt met behulp van snaar S_1 en een slipkoppeling. Bij het snel opwickelen wordt de slipkoppeling door een vaste vervangen, maar bij het snel terugwikkelen wordt zij weer ingeschakeld, en tevens

wordt daarbij de rubber rol R_1 tegen het vliegwiel gedrukt, waardoor de terugwikkelspoel wordt aangedreven.

Er bestaan talrijke variaties op deze aandrijfsystemen, die hier echter niet zullen worden behandeld.

Wij zullen nu de verschillende details van het mechanisme van de recorder aan een nadere beschouwing onderwerpen.

Het band-aandrijfmechanisme

Onder dit mechanisme vallen gewoonlijk de toonas, de motor die deze as aandrijft en verder zal worden aangeduid als toonmotor, en de rubber aandrukrol.

Aan het begin van dit hoofdstuk hebben wij de taak van deze rubberrol summier vermeld; wij zullen hierop later uitvoeriger terugkomen.

De toonmotor heeft tot taak de toonas met eenparige snelheid aan te drijven; deze snelheid is afhankelijk van de diameter van de as en de gewenste bandsnelheid.

Men onderscheidt twee typen toonmotoren – de synchrone en de asynchrone. Het toerental van de synchrone motor is afhankelijk van de frequentie van het wisselstroomnet waarop hij is aangesloten. De netspanning heeft binnen ruime grenzen geen invloed op zijn toerental.

De asynchrone motor daarentegen, is bovendien nog van de netspanning afhankelijk. In het algemeen zullen synchrone motoren voor het gebruik in recorders de voorkeur verdienen. De netspanning kan namelijk ten gevolge van belastingschommelingen tamelijk sterk variëren, terwijl het periodental vrijwel constant blijft. Een nadeel van deze synchrone motoren is echter, dat zij veel groter en duurder zijn dan de asynchrone, waardoor zij vrijwel alleen worden toegepast in professionele apparaten, waarvoor constante bandsnelheid een eerste vereiste is.

De asynchrone motoren die voor huiskamerrecorders worden gebruikt, zijn vrijwel alle kooianker motoren met inductieve fazeverschuiving. Gelukkig reageren deze slechts weinig op de normaal voorkomende netspanningsschommelingen, zodat de bandsnelheidsvariatie beperkt blijft tot enkele tienden van een procent. Er bestaan verscheidene methodes voor het koppelen van toonmotor en toonas. De eenvoudigste is wel de as van de motor tevens als toonas te gebruiken. In dat geval zal de bandsnelheid direct door het toerental van de motor en de diameter van de as worden bepaald, aangezien:

$$v = n \cdot \pi \cdot d.$$

Hierin is v de bandsnelheid, n het toerental van de motor, en $\pi \cdot d$ de

omtrek van de toonas. Het toerental van een asynchrone motor is afhankelijk van de frequentie, de netspanning en het aantal polen waaruit de stator is opgebouwd. Aan de hand van Fig. 66 zullen wij de constructie van een eenvoudige asynchrone motor wat nader bekijken.

Het stilstaande gedeelte wordt stator en het draaiende rotor genoemd. De stator van Fig. 66a bestaat uit twee weekijzeren magneetpolen met een cirkelvormige opening waartussen de weekijzeren rotor is opgesteld. De magneetpolen worden bekrachtigd door spoelen waarop de netspanning (wisselspanning) wordt aangesloten. Tengevolge van de stroom door de spoelen ontstaat in de polen een wisselend magnetisch veld. De krachtlijnen sluiten zich door de luchtspleet tussen de statorpolen en door het ijzer van de rotor. De magneetpolen zijn echter voorzien van inkepingen waardoor koperdraden zijn gestoken, die zogenaamde kortsluitwindingen vormen.

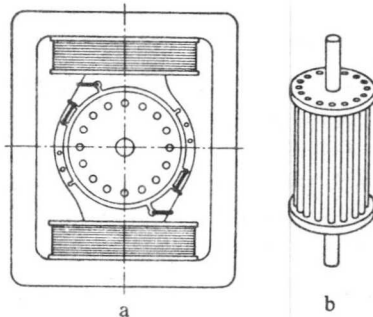


Fig. 66. a. Constructie van een eenpolige synchronomotor met twee spoelen en een symmetrische opbouw.
b. De rotor (zonder ijzerkern) heeft aan weerszijden een koperen schijf waarin de rotorstaven zijn bevestigd.

Het veld door de rotor varieert sinusvormig met de tijd. De kortsluitwindingen veroorzaken in het gedeelte van de polen waaromheen zij zich bevinden, wisselvelden die iets later dan het hoofdveld hun maximum bereiken. Het gevolg hiervan is dat het wisselveld een draaiveld vormt. Het draaiveld heeft een toerental dat overeenkomt met de frequentie van het net. Wordt de motor aangesloten op een net van vijftig perioden per seconde, dan draait het veld ook vijftig maal per seconde rond.

Juist binnen de omtrek van de weekijzeren cilinder van de rotor (Fig. 66b) zijn roodkoperen staven aangebracht, die aan weerszijden buiten de rotor uitsteken en gezamenlijk door twee roodkoperen ringen zijn verbonden.

Als de rotor stilstaat in het wisselveld van de stator, dan worden de staven door de krachtlijnen van het wisselveld doorsneden. Hierdoor gaat in deze staven een elektrische stroom lopen, die in het ijzer van de rotor een magnetisch veld doet ontstaan. Zoals wij in de theorie van het magnetisme hebben gezien, trekken magnetische velden elkaar aan; de rotor gaat hierdoor draaien. Het toerental van de rotor moet kleiner zijn dan dat van het draaiveld, omdat het veld van de rotor alleen kan ontstaan wanneer de krachtlijnen van het draaiveld de staven doorsnijden. Bedraagt

de draaisnelheid van het veld $50 \times 60 = 3000$ toeren per minuut, dan zal de omwentelingssnelheid van de asynchrone motor, afhankelijk van de belasting, bijvoorbeeld 2950—2000 omw/min bedragen.

De sterkte (het koppel) van de motor is afhankelijk van de diameter van de rotor en van de grootte van de magneetpolen. Alvorens wij een motor voor het aandrijven van magneetband kunnen gebruiken, zijn behalve het koppel ook nog enkele andere factoren belangrijk. Zo zal de omwentelingssnelheid zeer constant moeten zijn en mag de motor niet te veel trillingen of een te groot magnetisch strooiveld veroorzaken. Dezelaatste factor komt ter sprake bij de afscherming van de weergeefkop tegen magnetische strooivelden.

Aangezien het draaiveld van een motor nooit in alle richtingen even sterk is, zal de rotor een hiermee overeenkomstige onregelmatige omwentelingssnelheid krijgen. Men kan echter door een doeltreffende constructie van de poolschoenen en door een juiste keuze van het aantal en de plaats van de kortsluitwindingen de invloed van deze onregelmatigheid tot het uiterste beperken. Het is eveneens van groot belang dat de rotor goed is gebalanceerd en nauwkeurig symmetrisch tussen de poolschoenen is opgesteld. Verder worden aan de lagers en aan de aseinden die in de lagers draaien zeer hoge eisen gesteld.

Het in zuivere balans brengen van de rotor geschiedt op balanceermachines. Deze zijn in staat, op zeer snelle en uiterst nauwkeurige wijze elke storing van de balans van het anker aan te wijzen. Men kan door op bepaalde plaatsen iets van het materiaal van de rotor weg te boren, een zuiver statisch en dynamisch evenwicht bereiken.

Alleen als aan alle hier vermelde punten grote aandacht is besteed, is de motor voor magnetische recorders geschikt.

Er bestaan ook motoren met bijvoorbeeld vier polen. De omwentelingssnelheid van dit type is de helft van dat van een tweepolige motor, omdat het draaiveld slechts 1500 toeren per minuut maakt. In sommige recorders maakt men gebruik van motoren met poolomschakeling, die dus twee omwentelingssnelheden hebben. Men kan deze motoren wel in recorders gebruiken omdat de bandsnelheden onderling steeds een factor 2 verschillen ($76-38-19-9\frac{1}{2}-4\frac{3}{4}$ cm/s), maar niet bij grammofoons, omdat hierbij de verschillen in omwentelingssnelheid niet in één eenvoudige factor zijn uit te drukken.

Een dergelijke motor met twee snelheden heeft als nadeel dat hij duurder is dan een motor met één snelheid. Hij moet sterker en groter zijn, omdat men in dit geval de eis stelt dat de slip van omwentelingssnelheid en draaiveld in beide gevallen dezelfde moet zijn.

Komen we nu terug op de formule $v = n \cdot \pi \cdot d$, dan zien we dat bij

een motor met een grotere slip de asdiameter evenredig groter moet zijn, wil men dezelfde bandsnelheid bereiken.

De diameter van de toonas bij een omwentelingssnelheid van de motor van 2800 omw/min en een bandsnelheid van 19 cm/s, valt te berekenen uit de vergelijking:

$$190 \times 60 = \pi \cdot d \cdot 2800$$

$$d = 1,3 \text{ mm.}$$

Dergelijke dunne assen zijn zeer kwetsbaar, terwijl er juist ook nog om andere redenen hoge eisen aan worden gesteld. Dit zal o.a. nog blijken bij het bespreken van de jengel die wordt veroorzaakt door onronde of slingerende toonassen.

Wordt de toonas met de motoras gecombineerd, dan zal men van motoren met veel polen gebruik moeten maken. Bij een vierpolige motor zal de diameter van de toonas ongeveer 2,6 mm bedragen, wat in de praktijk nog wel aanvaardbaar is. Wenst men in dit geval ook nog een bandsnelheid van 9,5 cm/s te bereiken, dan moet de motor op 8 polen kunnen worden omgeschakeld, met alle bezwaren van dien.

De onregelmatige loop van de rotor maakt het in de praktijk onmogelijk, zonder bijzondere maatregelen een voldoende constante bandaandrijving te verkrijgen. Men neemt vaak zijn toevlucht tot speciaal geconstrueerde motoren, waarbij de magneetpolen met de spoelen zich in een draaiende rotor bevinden. De omtreksnelheid van de rotor is daardoor veel groter en dus ook de hierin opgezamelde energie (vliegwielerwerking). In formule uitgedrukt, is de opgezamelde energie van een vliegwiel $\frac{1}{2} m \omega^2$; hierin is m de massa en ω de omwentelingssnelheid. Bij de buitenrotormotor heeft ω dezelfde waarde als bij de normale motor, maar m is veel groter ten gevolge van de grotere diameter. De invloed van het variabele draaiveld op de regelmaat van de bandaandrijving zal nu bij dit speciale type motor veel geringer zijn.

Men kan natuurlijk ook gebruik maken van een normale motor met binnenrotor en de as voorzien van een vliegwiel dat de loop van de motor stabiliseert.

Effectiever werkt het systeem waarbij de motoras door middel van een flexibele koppeling een apart gelagerde toonas aandrijft (Fig. 67, Foto 12). Ook wordt wel een combinatie van een buitenrotor en een vliegwiel toegepast. De motor wordt dan loodrecht onder de toonas gemonteerd. De toonas T is gelagerd in precisie-kogellagers of zuiver passende glijlagers L en aan de onderzijde voorzien van een vliegwiel V. De daarbij vereiste flexibele koppeling Kpl, Ksch, Rk is zodanig gekozen, dat de veerkracht van deze koppeling en het traagheidsmoment van het vliegwiel alle trillingen die door de rotor worden veroorzaakt tegenhouden.

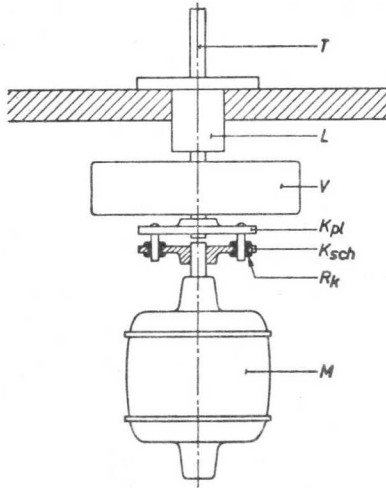


Fig. 67. Directe koppeling tussen motor en toonas met vliegwiel via een flexibele koppeling.

voldoen, niet meer dan $0,0005 \times 22 \text{ mm} = 11 \text{ micron}$ slingeren (1 micron = 0,001 mm). Voor de as van 1,4 mm is de toegelaten slingering maximaal slechts 2,2 micron.

Doordat er nog andere oorzaken zijn die leiden tot onregelmatigheid in de bandsnelheid, zullen deze excentriciteiten nog kleiner moeten zijn dan de zojuist berekende waarden. Dit stelt zeer hoge eisen aan de fabricage, waardoor dunne assen abnormaal duur zouden worden.

De enige methode om de diameter van een as te vergroten is het toerental van die as te verlagen. Dit kan men alleen maar bereiken door tussen de motor en het vliegwiel een overbrenging te maken.

Tandwielen lenen zich hiervoor al heel slecht: ze zijn duur, nooit zuiver genoeg te maken, zij maken veel lawaai en vergen veel onderhoud.

Wél bruikbaar is een overbrenging door middel van een snaar. Hiervoor gebruikt men een metalen trekveer of een snaar van plastic of rubber. Zij moeten geruisloos, sterk, soepel en gemakkelijk verwisselbaar zijn en niet door olie worden aangetast. Bij het toepassen van snaren zijn wij echter weer afhankelijk van de snelheden die de motoren ons bieden. Wensen wij een recorder met drie bandsnelheden, dan zullen wij de snaar van de ene poelie op andere moeten kunnen verleggen, opdat de juiste snelheid van de toonas door verandering van de overbrengverhouding kan worden bereikt. Omdat het verleggen van de snaar een lastig werkje is, wordt deze methode bij machines met meer dan twee snelheden vrijwel niet toegepast. Een methode die algemeen gangbaar is

Wij hebben er reeds op gewezen dat een dunne as niet alleen om haar zwakte af te raden is, maar dat er ook nog andere factoren ten nadele van het gebruik van dunne assen bestaan.

Zo heeft een slechts geringe excentriciteit van een dunne as een grote invloed ten kwade op de regelmatigheid van het bandtransport.

Veronderstel dat wij een toonas hebben van 7 mm en een van 1,4 mm diameter. Wij moeten als eis stellen dat de variatie in de bandsnelheid niet meer dan 0,5 ‰ mag bedragen. Bij de as van 7 mm is de omtrek 22 mm. Deze as mag dus, om aan de bovengenoemde eisen te

en ook bij grammofoons wordt gebruikt, is die waarbij een rubber tussenwiel wordt gebruikt. In Fig. 68 zien wij het principe van deze aandrijfmethode. Het is hierbij mogelijk, met behulp van een motor met hoog toerental de toonas via een trappenschijf praktisch elke gewenste snelheid te geven. De motoras heeft een poelie met drie diameters. Het rubber tussenwiel wordt tussen de poelie en het vliegwiel gedrukt. Aldus wordt de draaiing van de motoras aan het vliegwiel medegedeeld. Men kan ook, door een konische as in plaats van een trappenschijf toe te passen, de bandsnelheid zeer nauwkeurig instellen door het tussenwiel op en neer te bewegen (Fig. 69).

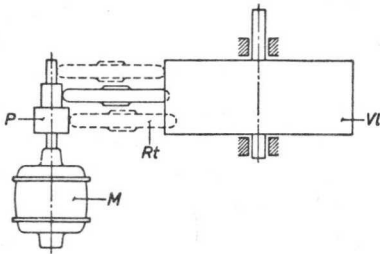


Fig. 68. Bandaandrijfsysteem voor drie bandsnelheden. P = poelie met drie diameters. Rt = rubber tussenwiel, VI = vliegwiel.

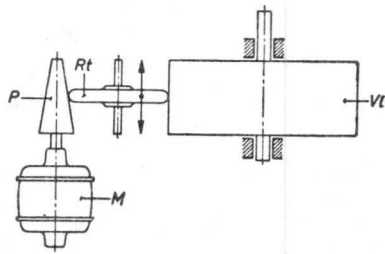


Fig. 69. Bandaandrijfsysteem met verstelbare tussenrol en konische poelie. P = konische poelie, Rt = verstelbaar tussenwiel, VI = vliegwiel.

De draairichting van het vliegwiel is dezelfde als die van de motor, maar zijn snelheid is vertraagd volgens de verhouding van diameter motor-poelie tot diameter vliegwiel. De diameter van het tussenwiel is hierbij niet van belang, zoals uit de volgende berekening blijkt:

Stel dat de diameter van de poelie d_1 , die van het tussenwiel d_2 en die van het vliegwiel d_3 zijn (Fig. 70). De poelie maakt n_1 omw/min; het

tussenwiel maakt dan $n_2 = \frac{d_1}{d_2} \cdot n_1$ omw/min. De snelheden zijn namelijk omgekeerd evenredig met de omtrekken. De snelheid van het vliegwiel wordt nu:

$$n_3 = \frac{d_2}{d_3} \cdot n_2 = \frac{d_2}{d_3} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot n_1 = \frac{d_1}{d_3} \cdot n_1.$$

De bedoeling van het vliegwiel is ook hier de onregelmatigheden in de snelheid van de motor op te vangen, en het rubber tussenwiel is te vergelijken met de verende koppeling die we bij de directe aandrijving reeds hebben behandeld. Er zijn nu echter heel wat meer diameters in het spel gekomen, die alle door hun excentriciteit de constantheid van de bandsnelheid kunnen bedreigen, en wel:

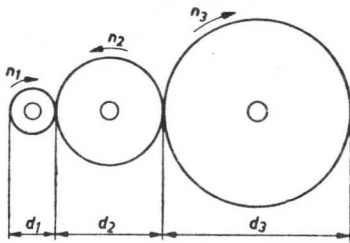


Fig. 70. Overbrenging met drie wielen. Toerental n_1 staat tot toerental n_3 als diameter d_3 staat tot diameter d_1 .

De diameter van het tussenwiel heeft geen invloed op de overbrengingsverhouding.

Elke onregelmatigheid van dit wiel wordt dus tweemaal aan het vliegwiel medegedeeld. Het rubber moet zuiver rond worden geslepen, zeer slijtvast en homogeen van samenstelling zijn, niet slippen, verdrogen of scheuren bij warmte of droogte. Daarom maakt men het tussenwiel ook vaak van een kunststof die beter aan deze eisen voldoet. Aangezien het tussenwiel verschillende standen moet kunnen innemen, bij het verzetten opzij moet kunnen worden gedraaid, en met behulp van een veer tussen vliegwiel en poelie moet kunnen worden gedrukt, is zijn mechanische constructie verre van eenvoudig. Soms past men voor elke bandsnelheid een afzonderlijk tussenwiel toe, wat de betrouwbaarheid in het algemeen ten goede komt.

Aangezien rubber of een andere plastische stof, wanneer die enige tijd onder druk staat, blijvend wordt vervormd, zorgt men ervoor dat bij het uitschakelen van de recorder het tussenwiel vrij komt te staan van poelie en vliegwiel.

Olie of vet zijn zeer schadelijk voor de werking van een tussenwiel: zij veroorzaken slip en tasten na enige tijd rubber aan. De meeste fabrikanten gebruiken daarom zelfsmerende lagers, die zeer lange tijd zonder extra olie kunnen draaien, zodat de kans dat er olie op het tussenwiel komt, gering wordt.

De taak van het vliegwiel is niet alleen het opvangen van de onregelmatigheden van de toonmotor, maar ook het dempen van directe invloeden op het bandtransport, bijvoorbeeld ten gevolge van slecht opgespoelde band. In dit geval zal de band onregelmatig aan de toonas trekken, en deze krachtsveranderingen moeten door het $\frac{1}{2} m \cdot \omega^2$ van het vliegwiel worden opgevangen. Aangezien bij een driesnelheden-machine de ω van het vliegwiel het grootst is bij de hoogste bandsnelheid, zal de massa m van het vliegwiel slechts bij die snelheid laag behoeven te zijn. Een tweemaal

d_1 , d_2 en d_3 , en bovendien de diameter van de toonas.

Men moet dus aan de excentriciteits-toleranties van deze onderdelen en aan hun lagering hoge eisen stellen, wil men een jengelvrije recorder krijgen.

Behalve de rotor van de motor moet nu ook het vliegwiel goed gebalanceerd zijn.

Voor al aan de eigenschappen van het rubber tussenwiel worden hoge eisen gesteld, omdat het tweemaal met een ander wiel in aanraking komt.

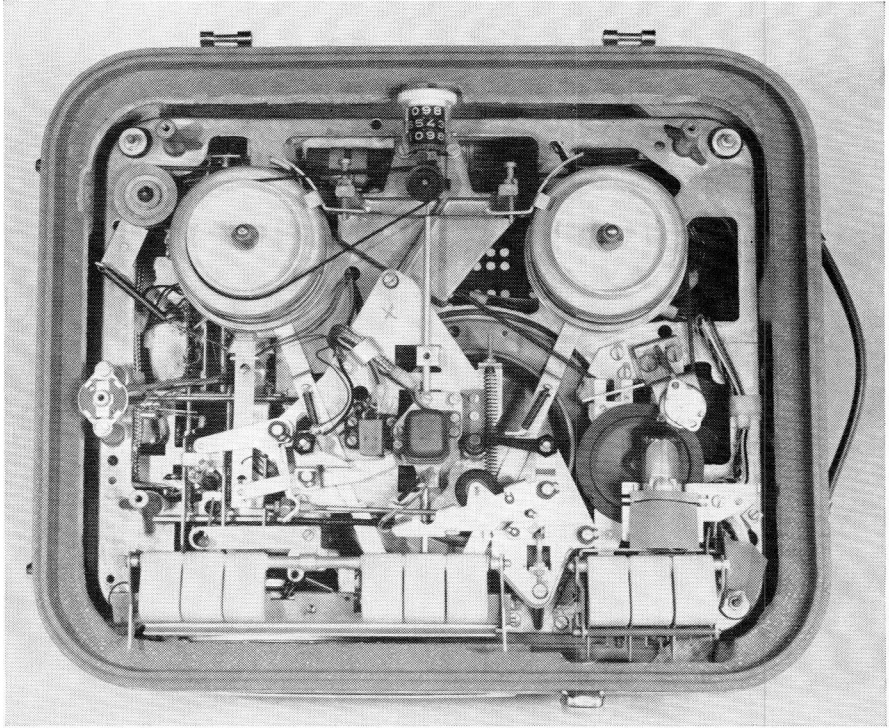


Foto 14. Recorder met een aandrijfsysteem volgens Fig. 87, met afgenomen afdek-
kop en plaat.



Foto 15. Recorder uit de
hoogste prijsklasse met 3
bandsnelheden, geschikt voor
het opnemen en weergeven
van stereofonisch geluid en
van monauraal geluid. Druk-
knopbediening, 18 cm spoelen,
4 sporen techniek en twee
eindversterkers.

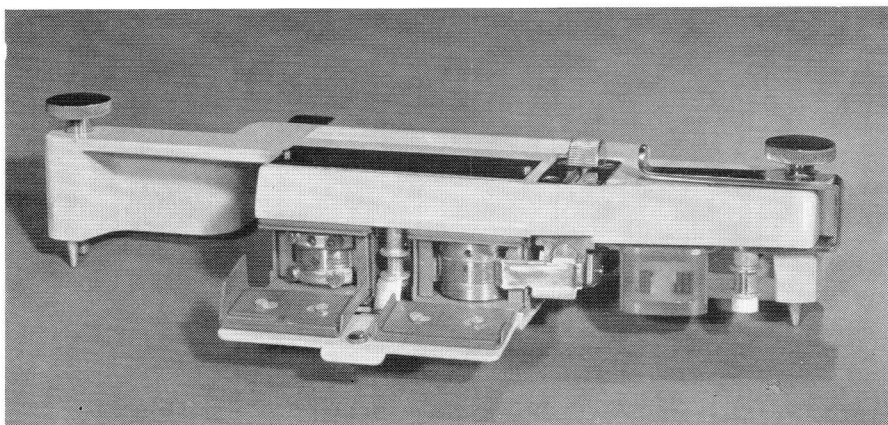


Foto 16. Magneetkophouder met van rechts naar links een unit met een dubbele en een enkelvoudige wiskop, een opneem- en een weergeefkop.

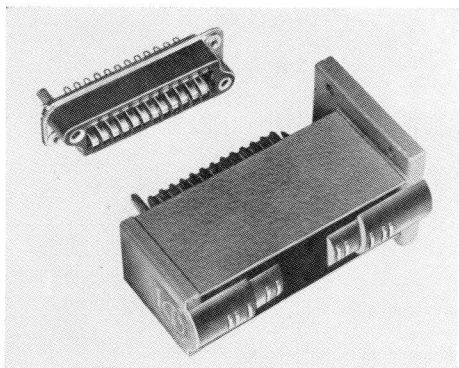


Foto 17. Weergeefkop voor 35 mm geluidsfilm met vier sporen (cinemascope) of 70 mm film zes geluidssporen. (Todd-AO).



Foto 18. Het knippen en monteren van gecompliceerde programma's, bijvoorbeeld elektronische muziek.

zo kleine snelheid betekent bij gelijke massa een viermaal zo geringe energie, en een viermaal zo kleine snelheid zelfs een zestien maal zo geringe energie. In het algemeen zal daarom de constructeur streven naar een zo groot mogelijke omwentelingssnelheid van het vliegwiel, wat hij kan bereiken door de toonas een zo klein mogelijke diameter te geven. Dan kan hij nog kiezen tussen een vliegwiel met een kleine diameter en een groot gewicht en een met een grote diameter en een klein gewicht. Laat men het tussenwiel tegen een vliegwiel met grote diameter lopen, dan moet ook de poelie een grote diameter hebben, indien na een bepaald toeren-

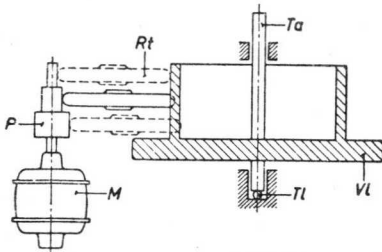


Fig. 71. Het bandaandrijf wiel van de Philips recorder EL 3516. P = poelie met drie diameters. Rt = rubber tussenrol, Vl = vliegwiel, Ta = bandtransportas, Tl = kogel van taatslager.

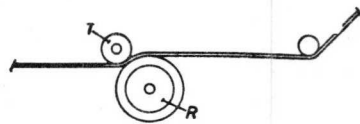


Fig. 72. Toonas met rubber aandrukrol. De band moet eerst de toonas raken en dan pas de rubber rol.

tal van de toonas wil bereiken. De motor moet dan vrij ver van de toonas worden gemonteerd, wat constructieve moeilijkheden kan opleveren. Fig. 71 laat een constructie zien waarbij het vliegwiel is voorzien van een kraag waarop de rubber tussenwielen lopen. Wij zien op deze tekening tevens dat de onderzijde van de as van het vliegwiel in een kogeltaatspotje draait.

De band wordt door de rubber aandrukrol tegen de toonas gehouden. Deze rol moet uiterst zorgvuldig parallel aan de toonas zijn gelagerd, omdat bij elke geringe afwijking in onverschillig welke richting de magneetband onder de drukrol uitloopt. Alleen zeer ervaren fabrikanten zijn in staat te voldoen aan de hoge eisen die men aan deze rol stelt wat betreft wrijving tussen band en rol, tussen toonas en rol en aan de kwaliteit van het rubber.

Hoe zorgvuldig ook een rubberrol wordt afgeslepen, zij zal nooit volkomen rond zijn. Dit levert echter geen moeilijkheden op, zolang men er voor zorgt dat de band bij het transport eerst de toonas en dan pas de rol raakt (Fig. 72). De onrondheid van de rubberrol veroorzaakt geen onregelmatig bandtransport, omdat het rubber door de toonas op de juiste dikte wordt gebracht; dit kost wel wat energie, maar het vliegwiel kan het gemakkelijk verwerken.

Zou de band eerst met de rubberrol in aanraking komen, dan zou de onrondheid van deze rol van invloed zijn op de bandsnelheid.

Het opwikkelmechanisme

Voor het opwickelen van band worden meestal spoelen gebruikt die zijn afgeleid van 8 mm filmspoelen. Bij professionele apparaten wikkelt men de band vaak op losse kernen; de sterke motor wikkelt de band zo stijf op de kern, dat hij bij het verwijderen van de kern van het plateau niet gemakkelijk uit elkaar valt. Het gebruik van losse kernen vergemakkelijkt het knippen en plakken van band, wat in de studio nogal vaak voorkomt. Bij huiskamerapparaten zou men bij gebruik van losse kernen het gevaar lopen dat de band bij het snel wikkelen losschiet of bij het normaal wikkelen te slap om de kern komt te zitten. Neemt men dan de kern van de machine af, dan loopt men het risico dat de band op de grond rolt en hier een grote warhoop vormt.

Bij recorders met drie motoren zal de motor die de band opwikkelt niet de volle netspanning krijgen, maar slechts zoveel, dat de opwikkelkracht juist voldoende is om de band strak genoeg op de spoel te krijgen. De motor waarop de aflopende spoel is bevestigd, krijgt een nog lagere spanning, d.w.z. juist voldoende tegenspanning om het band bij het afwikkelen strak te houden, opdat er bij het stoppen geen lussen ontstaan. Bij het snel opwickelen wordt de aandrukrol losgemaakt van de toonas. De opwikkelmotor krijgt nu de volle netspanning en soms zelfs een extra hoge spanning, en de afwikkelspoel wordt door haar motor iets afgeremd, zodat ook bij het snel opwickelen de band voldoende strak komt te zitten. Bij het snel terugwikkelen wordt deze procedure in omgekeerde richting uitgevoerd.

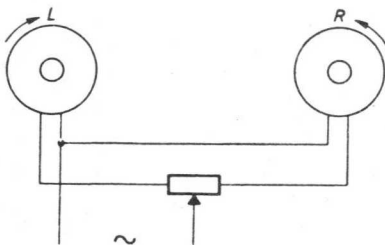


Fig. 73. Een schakeling voor het continu regelen van de spoelsnelheid van magneetband. L = linker wikkelmotor, R = rechter wikkelmotor. Staat de schuif van de regelweerstand links, dan spoelt de band naar links; wordt de schuif naar rechts verschoven, dan neemt de spoelsnelheid af, wordt nul en keert van richting om. Schuif geheel rechts, band spoelt snel naar rechts.

Indien de bandloop wordt gestopt, worden de beide motoren mechanisch afgeremd, zodanig dat de band snel en zonder lusvorming blijft stilstaan. Bij het kiezen van de omwentelingssnelheid en de sterkte der wikkelmotoren zorgt men ervoor dat zij voldoende kracht bezitten om een band van 360 m lengte (60 minuten speeltijd bij $3\frac{3}{4}$ " per seconde) binnen twee minuten voldoende strak op te wikkelen. Sommige machines hebben een regelweerstand waarmee de voe-

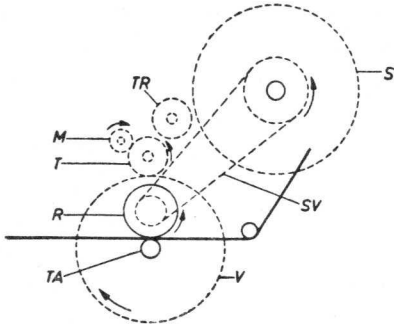


Fig. 74. Mechanische constructie van de inrichting voor het aandrijven, opspoelen en snel vooruitspoelen van een band. M = aandrijfmotor, T = tussenrol, V = vliegwiel met toonas Ta, R = rubber aandrukrol, Sv = snaar voor het aandrijven van de spoel S. Wordt TR tussen T en S gebracht en tevens R van TA verwijderd, dan wordt de spoel S snel aangedreven, waardoor de band snel opgespoeld wordt.

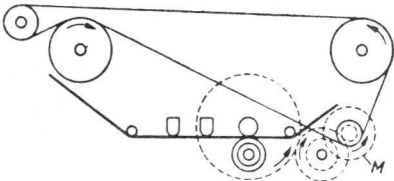


Fig. 76. Het aandrijven van de beide spoelassen met behulp van één snaar. M = motor.

dingsspanning van de beide spoelmotoren kan worden gevarieerd (Fig. 73). In de linker stand van de regelschuif van de weerstand krijgt motor L de volle netspanning en R slechts een geringe spanning, omdat men een serie-schakeling heeft toegepast. Wordt de schuif van de weerstand langzaam naar rechts geschoven, dan zal de spanning van motor L af- en die van R toenemen. De wikkelsnelheid zal afnemen totdat er een evenwichtstoestand is bereikt waarbij de wikkelkracht van de linker en die van de rechter motor even groot zijn en de band tot stilstand komt. Wordt de schuif nog verder naar rechts bewogen, dan begint de band langzaam van links naar rechts te lopen. Staat de schuif geheel rechts, dan is de maximale snelheid van links naar rechts bereikt. Op deze manier kan men snel een bepaalde passage op een band opzoeken. In Foto 13 is deze regelschuif rechts zichtbaar.

Het opwikkelstelsel van Fig. 74 is heel anders. Hier wordt de opwikkelspoel aangedreven met behulp van een metalen spiraalveer die over een

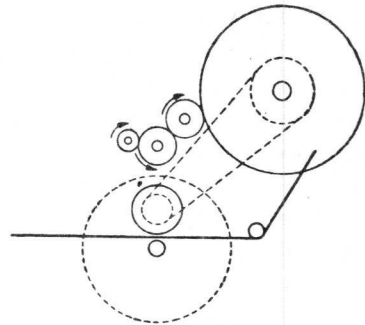


Fig. 75. Het mechanisme van Fig. 74 in de snelopspoelstand.

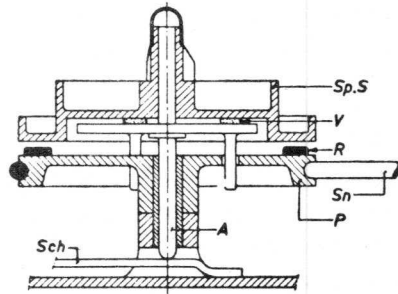


Fig. 77. Doorsnede van het frictiesysteem van de spoelaandrijving van een Philips recorder.

poelie bij de rubber drukrol loopt. De overbrenging tussen rubber drukrol en opwikkelspoel is zo gekozen, dat de omtreksnelheid van de opwikkelspoel bij het opnemen of weergeven iets groter is dan de bandsnelheid. De spiraalveer zal dan iets over de poelies slippen. Bij het groter worden van de diameter van de band om de opwikkelspoel, wordt de omtreksnelheid kleiner en slijt de veer meer.

Als het vliegwiel en de overbrenging gunstig zijn berekend, is deze aandrijving zeer goed bruikbaar. Voor het snel opwickelen wordt een tweede rubber wielje tussen een schijf op de opwikkelspoel en het rubber tussenwiel geschakeld, waardoor de opwikkelspoel een grote snelheid krijgt (Fig. 75). De rubber aandrukrol draait dan, aangedreven door de spiraalveer, vrij rond. Het terugwickelen kan worden verkregen door tussen het vliegwiel en de terugwikkelspoel een tweetal rubberrollen aan te brengen die met hefboomen in werking worden gebracht. Men kan de diameters van het vliegwiel en de terugwikkelerschijf zo kiezen dat de snelheid van snel vooruit- en van snel terugwickelen gelijk is. Fig. 76 toont een aandrijfsysteem waarbij de beide wikkelasen via één snaar direct door de toonmotor worden aangedreven. De beide wikkelasmechanismen zijn volkomen identiek. Fig. 77 geeft een doorsnede van een dergelijke wikkelas. Aangezien de terughoudkracht van de afwikkelende spoel veel kleiner kan zijn dan de opwikkelkracht, zijn de viltjes van de laatste schotel verder van het hart aangebracht, zodat er een groter frictiemoment ontstaat. De schuiven *sch* van de op- en afwikkelerschotels worden bediend door de drukknoppen voor het snel vooruit- of terugwickelen.

Foto 14 geeft een bovenaanzicht van een recorder met verwijderde sierplaten (Philips EL 3542), waarin men duidelijk de verschillende onderdelen van het aandrijfmechanisme kan waarnemen. Aan de benedenzijde zijn de druktoetsen voor de bediening van het mechanisme; sommige ervan leiden eveneens enkele elektrische schakelfuncties in. De rechter toetsen dienen voor het kiezen van de bandsnelheid (4,75—9,5 of 19 cm/s). Wordt een van deze toetsen ingedrukt, dan schakelt men daarmee de netspanning op de motor en de versterker, de motor gaat lopen en het desbetreffende tussenwiel wordt tussen motorpoelie en vliegwiel gedrukt, waardoor het vliegwiel en dus de toonas worden aangedreven. Om de versterker en de motor weer uit te schakelen, drukt men de kleine knop naast de snelheidskeuzetoetsen in.

De drie toetsen geheel links hebben de volgende functies:

1. Starten voor weergeven
2. Starten voor opnemen
3. Snel stoppen en starten van de bandloop gedurende weergeven of opnemen.

De toetsen 1 en 2 – voor weergeven en opnemen – bedienen niet alleen het mechanisme, maar ook het versterkergedeelte. Zij worden beide bij het indrukken vergrendeld en komen pas omhoog als men een van de andere toetsen indrukt. Zoals wij in het hoofdstuk over versterkers zullen zien, worden bij het overschakelen van weergeven naar opnemen de functies van de versterkbuizen gewijzigd.

Bij het indrukken van een van deze twee toetsen wordt door middel van een stel hefbomen de rubber aandrukrol tegen de toonas gedrukt, waardoor de band gaat lopen. Wij dienen hierbij nog even op te merken, dat men de opneemtoets pas kan indrukken als men tegelijkertijd op het kleine knopje boven deze toets drukt. Dit is een beveiliging tegen het per ongeluk op de opneemknop drukken terwijl men een band afspeelt; de wiskop zou dan worden ingeschakeld, waardoor een gedeelte van de opname zou uitvallen. Zodra de motor gaat lopen, krijgt de rechter opwikkelspoel de neiging linksom te draaien. Gaat de band dan lopen doordat hij door de toonas wordt getransporteerd, dan wordt het vrijkomende gedeelte opgewikkeld. De baan van de band gaat van linker spoel, langs een leipen, de wiskop en de opneem/weergeefkop, tussen toonas en drukrol door, langs een tweede leipen, naar de rechter spoel.

In het hoofdstuk over magneetkoppen wordt er op gewezen dat het nodig is de band goed met de luchtspleet van de opneem/weergeefkop in aanraking te brengen. Om dit te bewerkstelligen, is een verend drukviltje tegenover deze kop aangebracht. De tegenkracht van de afwikkelspoel is groot genoeg om de band voldoende contact met de wiskop te geven.

De leipennen, de voorzijde van de magneetkoppen en de raaklijn van toonas en rubber rol liggen vrijwel in een rechte lijn. Deze onderdelen worden gezamenlijk afgedekt door plastieken afschermkappen, waartussen een spleet is opgelaten voor het aanbrengen van de band.

De middelste drie druktoetsen hebben de volgende functies (van links naar rechts):

1. snel terugwikkelen
2. stoppen van de bandloop en remmen
3. snel opwikkelen.

De toetsen voor het snel op- en terugwikkelen bedienen de schuiven *sch* van de spoelassen (Fig. 77). Gedurende het snel wikkelen ligt de band vrij van magneetkoppen, toonas en rubber rol, zodat er geen overbodige slijtage optreedt. De linker leipen heeft tevens als functie, aan het einde van de band het bandtransport uit te schakelen. Deze pen is daarvoor

van twee elektrische contactjes voorzien (Fig. 78). Op het begin en het einde van vele tegenwoordige banden zijn contactstroken aangebracht, die bij deze recorder, zodra zij met de contactjes van de pen in aanraking komen, een automatische uitschakeling inleiden. De contactpunten zijn voorts nog zodanig gelegen, dat het mechanisme niet stopt bij het begin van een band. De omhulling van de opneem/weergeefkop bestaat uit een mu-metalen huisje, dat ook bescherming biedt tegen magnetische strooivelden van de motor en eventueel van de voedingstransformatoren, en daarmee gebrom bij het weergeven voorkomt. Bij het indrukken van de stoptoets wordt de eventuele andere nog ingedrukte knop (weergeven,

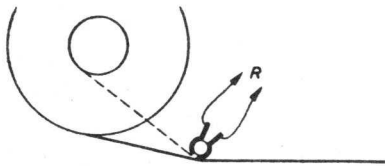


Fig. 78. Schakelcontacten voor het automatisch stoppen van de band aan het einde van de spoel. De draden R worden verbonden met een relais.

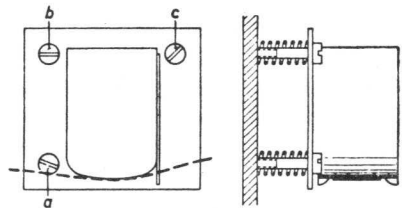


Fig. 79. Bevestiging van een weergeefkopje met behulp van drie schroeven a, b, c en drie veren. Aldus kan de kop zuiver op hoogte en zuiver loodrecht op de bandloop gesteld worden.

opnemen, snel op- of terugwikkelen) in de neutrale stand teruggebracht. Daarbij worden bovendien de spoelschotels afgeremd, en wel zodanig dat er zelfs bij het stoppen na snel wikkelen geen lussen in de band ontstaan. De onderlinge vergrendeling van de toetsen is zodanig, dat er geen beschadiging van band of mechanisme kan ontstaan als een willekeurige toets wordt ingedrukt. Men kan dus zonder bezwaar direct van opnemen of weergeven overschakelen op snel op- of terugwikkelen; omgekeerd is het onmogelijk, tijdens het snel op- of terugwikkelen de opneem- of weergeeftoets in te drukken. Had dit wel gekund, dan zou dit aanleiding hebben kunnen geven tot bandbreuk vanwege het plotseling afremmen van de band bij hoge snelheid.

Wij hebben al terloops opgemerkt, dat de bandgeleiding over de weergeefkop nauwkeurig moet zijn. Daar komt nog bij dat de luchtspleet in deze kop zuiver loodrecht op de looprichting van de band moet staan. Om dit nauwkeurig te kunnen instellen, heeft men de kop compleet met zijn omhulling gemonteerd op een metalen plaatje dat met drie schroeven en drie veren op de montageplaat van het loopwerk is bevestigd (Fig. 79). Geleidingen beletten dat de band over het oppervlak van de kop gaat „zwakken”.

TweERICHTINGSRECORDERS

Onder tweERICHTINGSRECORDERS verstaat men apparaten waarmee men kan opnemen en weergeven zowel met van links naar rechts als met van rechts naar links lopende band. Men heeft deze machines ontwikkeld om het verwisselen van de spoelen en het omkeren van de band na het afspelen van een geluidsspoor te voorkomen.

Bij het naar rechts lopen wordt normaal spoor I opgenomen; keert de looprichting om, dan komt spoor II aan de beurt. Om deze vereenvoudiging in de bediening te bereiken, moet men allereerst de beschikking hebben over twee stel magneetkoppen in plaats van één. De linker koppen bestrijken met hun spleet het tweede spoor. De linker en rechter koppen staan symmetrisch ten opzichte van de toonas, en de beweging van de toonas is omkeerbaar (Fig. 80). Ook moeten de spoelschotels volkomen symmetrisch zijn. Een verdere perfectionnering bestaat uit een automatische overschakeling aan het eind van een spoor. Aangezien echter de toonas een zwaar vliegwiel heeft, zal het tijd kosten om de looprichting van een band om te keren. Dit betekent dat de opname gedurende enkele seconden zou worden onderbroken.

Het automatisch overschakelen wordt alleen toegepast in dure recorders, omdat het een aantal relais vereist, die vrij kostbaar zijn. Indien men een dure recorder aanschaft, zal men er in het algemeen bezwaar tegen hebben dat het omkeren van de bandloop zoveel tijd kost. Fig. 81 laat zien op welke wijze dit tijdsverlies tot ongeveer 0,1 seconde kan worden teruggebracht, zodat de onderbreking vrijwel niet meer is waar te nemen.

Bij deze constructie worden twee even snel draaiende toonassen gebruikt. De rechter as is voorzien van het normale vliegwiel, de linker van een schijf met een rubber ring aan de buitenzijde, die tegen het vlieg-

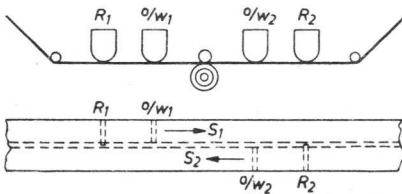


Fig. 80. Opstelling van de wis- en opneem/weergeefkop bij een recorder met bandloop van links naar rechts of van rechts naar links. R_1 = wiskop voor spoor I, O/W_1 = opneem/weergeefkop voor spoor I, R_2 = wiskop voor spoor II, O/W_2 = opneem/weergeefkop voor spoor II.

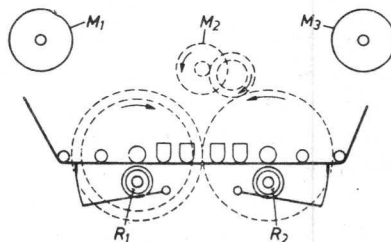


Fig. 81. Schematische voorstelling van een recorder met automatische omkering van de bandlooprichting zonder hoorbare onderbreking. M_1 = spoelmotor links, M_2 = spoelmotor rechts, M_3 = toonmotor. R_1 = aandrukrol voor de bandloop naar links, R_2 = aandrukrol voor de bandloop naar rechts.

wiel aanloopt. Het gevolg hiervan is dat de toonassen tegen elkaar in draaien. Wordt de linker drukrol tegen de linker toonas gedrukt, dan loopt de band snel naar links, en omgekeerd. Deze overschakeling verloopt zeer snel. De grootste moeilijkheid bestaat uit het omkeren van de draairichting en het geven van een versnelling aan de volle spoel met band,

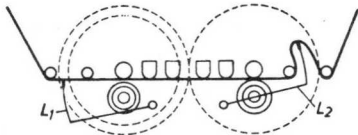


Fig. 82. Werking van de lusvanger L_2 op het ogenblik dat de bandlooprichting van rechts naar links keert.

die uiteraard nogal enige massa bezit; dit kost altijd enkele seconden. Om te voorkomen dat de band een lus gaat vormen, maakt de rubber rol die bij de omkering in werking treedt een lusvanger vrij, die maakt dat bij het omkeren de band voortdurend strak blijft staan en dat de

beweging niet met rukken verloopt. Dit laatste dient natuurlijk om vervorming van het geluid te vermijden (Fig. 82).

Aangezien de constructie volkomen symmetrisch is, kan de band zowel aan het linker- als aan het rechter einde worden overgeschakeld, zodat er een ononderbroken bandloop ontstaat. Dit is van nut indien men muziek continu wil opnemen en weergeven, of indien een bepaalde tekst steeds moet worden herhaald.

Het herhalen van teksten geschiedt in het bijzonder op tentoonstellingen, voor het periodiek aankondigen van bepaalde manifestaties of het omroepen van reclamespreuken. Door het op de juiste plaats aanbrengen van de schakelstroken kan men een cyclus van een gedeelte van één minuut tot zes uur verkrijgen!

Batterijrecorders

De ontwikkeling en de productie van kleine recorders, die voorzien zijn van transistorversterkers en gelijkstroommotoren en die uit batterijen gevoed worden gaat met snelle schreden vooruit. De kwaliteit van deze recorders is vaak verbluffend goed

Door gebruikmaking van een goede mechanische constructie en van een motor met hoog rendement kan men er in slagen met 6 staafcellen van $1\frac{1}{2}$ volt een speeltijd te bereiken van ongeveer 20 uur. Een versterker vermogen van 200 m watt is onder de meeste gebruiksomstandigheden voldoende.

VIII. BAND EN KOPPEN

Het is niet goed mogelijk de magnetische kwaliteit en de andere eigenschappen van band en koppen afzonderlijk te beoordelen. Wil men de eigenschappen van een band leren kennen en eventueel verbeteren, dan zal men magneetkoppen moeten gebruiken om te wissen, te registreren en af te spelen. Omgekeerd zal men magneetkoppen nooit volledig kunnen beoordelen zonder met behulp van band de proef op de som te nemen.

Hoewel men dus band en koppen niet los van elkaar kan beschouwen, zijn de eisen die men aan het magnetisch materiaal ervan stelt volkomen verschillend. Het materiaal van de koppen moet een zo laag mogelijke remanentie en coërcitie hebben bij een hoge graad van verzadiging: dat van de band een grote remanentie, een betrekkelijk grote coërcitie en liefst ook een hoge graad van verzadiging. Met andere woorden: het kernmateriaal van de koppen heeft een zeer geringe lusoppervlakte, terwijl juist de hysteresislus van het bandmateriaal een grote oppervlakte heeft. In Fig. 83 ziet men de hysteresislussen van de materialen die voor koppen en band worden gebruikt naast elkaar weergegeven. Het verschil in lusoppervlakte tussen de beide categorieën is evident. Voor de kernen van de koppen komen weekijzerlegeringen in aanmerking; meestal gebruikt men hiervoor het z.g. mu-metaal. Het magnetisch materiaal van de banden is meestal ijzeroxyde, dat zeer hard is.

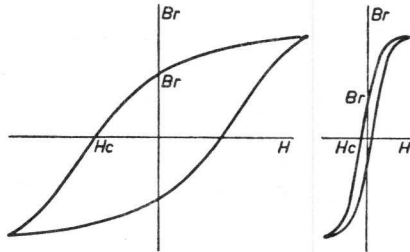


Fig. 83. Twee hysteresislussen. Brede lus van materiaal met grote coërcitie, geschikt voor magnetische band. Het materiaal met de smalle lus heeft een lage coërcitie en is geschikt voor kernmateriaal van magnetische kopjes.

IX. MAGNETISCHE KOPPEN

In de theoretische en praktische beschouwingen over het recordingproces zijn al enkele belangrijke punten behandeld, waarop men bij het construeren van magnetische koppen moet letten.

De belangrijkste eisen waaraan opneem- en weergeefkoppen moeten voldoen, zijn:

1. zo min mogelijk vervorming veroorzaken;
2. zo hoog mogelijk rendement hebben;
3. zo ongevoelig mogelijk zijn voor uitwendige velden;
4. een grote slijtvastheid bezitten.

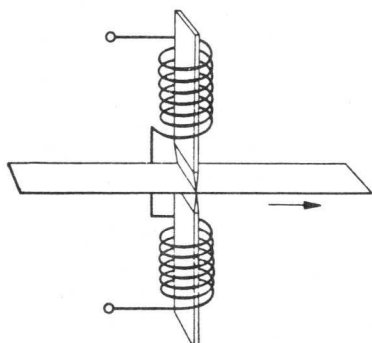


Fig. 84. Principe van een bipolaire magneetkop als werd gebruikt in de staalbandrecorder.

Vóór de uitvinding van de ringkop maakte men uitsluitend gebruik van koppen zonder gesloten magnetisch circuit. Hierdoor kwamen vooral de eisen 2 en 3 in het gedrang. De spanning die in de weergeefkop werd opgewekt was zeer laag. Derhalve moest een grote versterkingsfactor worden toegepast, met als gevolg veel geruis en gebrom door inductie van de strooivelden van de motoren in de spoelen van de kop.

De koppen die in 1935 in de staalbandmachines (Foto 1) werden gebruikt, bestonden uit twee bipolaire elektromagneten met losse weekijzeren kernplaatjes, die aan beide zijden, recht boven elkaar, tegen het staalband werden aangedrukt (Fig. 84). Er waren drie stel magneten, namelijk voor wissen, opnemen en weergeven. De kernplaatjes waren op de plaats waar ze tegen de band drukten mesvormig geslepen. Vaak waren de koppen zelfs in dubbele stellen aanwezig. Zodra bleek dat de weergave van hoge tonen minder werd door ophoping van vuil tussen band en kopkern of door slijtage van de kernplaatjes, schakelde men het tweede stel koppen in, waarna de eerste stellen konden worden gereinigd of vernieuwd. De weergeefkoppen hadden een micrometerschroef voor het nauwkeurig instellen van de kernplaatjes op maximale weergave van hoge tonen.

De mechanische constructie van deze koppen was kostbaar en de bediening omslachtig. Hieraan kwam een einde door de invoering van de ringkernkop van Schüller en het plastisch magneetband met ijzeroxyde. Deze kopconstructie wordt, zij het natuurlijk in verbeterde vorm, op het ogenblik nog algemeen toegepast.

De ontwikkeling van de magneetkoppen ging hand in hand met de verbetering van het magnetisch band en het aandrijfmechanisme. In het hoofdstuk over de geschiedenis van de magnetische opneemsystemen hebben wij al vermeld dat de snelheid van de staalband in 1900 ongeveer 200 cm/s bedroeg. In 1935 was de bandsnelheid van de eerste machine met ringkoppen en oxydeband (AEG) 100 cm/s; in 1957 behaalde men bij een snelheid van 4,75 cm/s en de halve spoorbreedte dezelfde resultaten.

De magneetkoppen bestaan tegenwoordig meestal uit een magneetkern met spoel, die door plastic zijn omgeven. De kern bestaat uit twee poolhelften, die zo klein mogelijk zijn, om wervelstroom- en capacatieve lekverliezen in de spoel te beperken en onkosten te besparen.

In de meeste gevallen worden in een eenvoudige recorder twee koppen gebruikt – een wiskop en een opneem/weergeefkop.

De gecombineerde kop voor opnemen en weergeven kan zeer goede resultaten opleveren en bespaart ruimte en dus kosten.

De spleetbreedte van deze kop is niet bijzonder kritisch bij het opnemen; bij het weergeven echter is zij van groot belang, vooral bij het reproduceren van magnetische registratie met korte golflengten (hoge tonen).

De wiskop

Voor het goed wissen van band moet aan twee voorwaarden worden voldaan:

1. De eventueel gemaakte opname moet volledig worden verwijderd (aan deze voorwaarde wordt voldaan wanneer ergens in het wisproces het magnetisch materiaal in ten minste één richting tot verzadiging wordt gebracht).

2. Het magnetisch materiaal van de band moet volledig worden ontmagnetiseerd; dit is noodzakelijk om een minimum aan achtergrondgeruis en vervorming in de volgende opname te verkrijgen (deze toestand wordt het best bereikt door het magnetisch materiaal aan een groot aantal veldwisselingen te onderwerpen; het veld moet het materiaal eerst in verzadiging brengen en daarna moet het geleidelijk tot nul afnemen (zie ook blz. 53).

Een praktische eis is nog dat het wisproces onafhankelijk moet zijn van de magnetische eigenschappen van een groot aantal verschillende soorten band.

Het wissen met behulp van gelijkstroom

Het grote bezwaar van een eenvoudige gelijkstroom-wiskop of een permanente wismagneet is dat men deze slechts voor een bepaalde soort band goed kan afstellen. Indien men een band met behulp van gelijkstroom in verzadiging brengt, is de opname verdwenen, maar deze band is dan

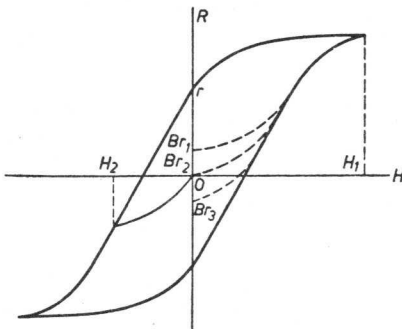


Fig. 85. Het wissen met behulp van twee tegengestelde gelijkstroomimpulsen van ongelijke grootte. De eerste gelijkveldimpuls H_1 brengt de magnetisering in de band, die Noord $B_{r,1}$ of Zuid $B_{r,2}$ kan zijn, in verzadiging, waarna de maximum remanentie overblijft en de band reeds gewist is. De tweede gelijkveldimpuls H_2 is zo groot dat het remanent-magnetisme in de band hierna juist 0 is.

ongemagnetiseerde toestand komt. Toch verkrijgt men in de praktijk geen volledig wissen, omdat de kristaldeeltjes een bepaalde voorkeursrichting hebben en vele daarom niet door de eerste puls zullen worden gedraaid. Wel zal er minder geruis ontstaan dan bij het toepassen van slechts één impuls, omdat de rest van de deeltjes wel geneutraliseerd wordt.

Een bijkomstigheid die nog van invloed is op gewist band, is het voormagnetisatieveld van de opneemkop. Dit kan men beschouwen als een onvolkomen wisselwiskop. Band dat door twee gelijkveldimpulsen is gewist bestaat uit een aantal deeltjes die alle afzonderlijk gemagnetiseerd zijn. Doorloopt de band nu het wisselveld van de opneemkop, dan kan dit veld enige van deze deeltjes (met een aantal deeltjes in hun directe omgeving), die betrekkelijk onstabiel zijn, ontmagnetiseren. Andere zullen daarentegen geen invloed ondervinden. Hierdoor zal de gemiddelde magnetisering niet meer nul zijn.

Robert Herr van de Minnesota Mining & Manufacturing Corp. (de fabrikant van Scotch magneetband) heeft proeven genomen met een gelijkveld-wiskop voorzien van vijf polen, die elk voor zich magnetisch konden worden gemaakt in elke gewenste sterkte en polariteit. Het resultaat van deze onderzoeken was dat men in het gunstigste geval dezelfde kwaliteit mag verwachten als van slecht geconstrueerde wisselstroomwiskoppen.

praktisch ongeschikt geworden voor het maken van nieuwe opnamen, omdat het niveau van het geruis 100—300 maal zo hoog is als het gewenste maximum. De enig juiste methode is het magnetisme volledig te neutraliseren. Men heeft daarom gezocht naar wismethodes met verscheidene gelijkvelden die van richting verschillen en in sterkte afnemen. Een verbetering krijgt men reeds als men twee tegengestelde gelijkveldimpulsen (Fig. 85) gebruikt.

De eerste impuls H_1 geeft verzadiging van de band, waarna de remanentie r overblijft. De tweede impuls is in tegengestelde richting en heeft een grootte H_2 , welke waarde zodanig is dat het materiaal hierna in

Wisselveldwissen

Doordat de eis van zo gering mogelijk geruis van de weergave steeds dringender werd, heeft de gelijkveldkop afgedaan. Het wissen met een wisselveldkop levert een minimum aan geruis in ongemoduleerd band op, indien aan de volgende voorwaarden is voldaan:

1. De wisselspanning moet een frequentie hebben die ver boven het audio-frequentiegebied van de recorder ligt.

2. Elk magnetisch deeltje van de band moet tenminste 20 maal worden omgemagnetiseerd.

3. De doordringingsdiepte van het veld in de magnetische laag van de band moet groot genoeg zijn.

Een wisselspanningsfrequentie van 45—90 kHz is meestal hoog genoeg om aan de eerste eis te voldoen. Om aan de tweede en de derde eis tegemoet te komen, moet de spleetbreedte meestal niet groter zijn dan 0,1 mm. Bij een bandsnelheid van 19 cm/s zal een magnetisch deeltje de spleet in $1/1900$ s passeren. Dit deeltje ondervindt dan bij een wisselspanningsfrequentie van $45 \text{ kHz} \frac{45000}{1900} = \text{ca. } 24$ wisselingen, wat ruim voldoende is. Bij lagere snelheden wordt het aantal wisselingen zelfs nog gunstiger.

De taak van de wiskop is verder, ervoor te zorgen dat de magnetische deeltjes gedurende het passeren eerst in verzadiging worden gebracht, waarna het wisselveld regelmatig tot nul moet afnemen. Voor het verzadigen van de band is een veldsterkte van 64 000 tot 80 000 A/m nodig. Hiervoor moet een vrij grote stroom (150 mA) door de spoel van de wiskop worden gevoerd. De zelfinductie van de kop is ongeveer 2 mH. De inductie in de poolschoenen van de wismagneet wordt vrij groot, waardoor grote wervelstroomverliezen zullen optreden.

De wervelstroomverliezen zijn afhankelijk van de ijzerdikte d , de inductie en de frequentie, volgens:

$$W = \sigma_w \left(\frac{f}{100} \right)^2 (10 B)^2 d^2 V W.$$

Hierin is σ_w een constante, waarvan de grootte, afhankelijk van de soort ijzer, tussen 4 en 8 ligt, B is de inductie in Wb/m², V is het aantal dm³ ijzer, d is de dikte van het ijzer in mm.

De wervelstroomverliezen worden rechtstreeks in warmte omgezet (men denke aan hoogfrequentiesmeltovens of lasmachines), waardoor massieve poolschoenen veel te heet zouden worden. Door deze poolschoenen te lamelleren, kan men de wervelstroomverliezen aanmerkelijk verlagen, namelijk met de derde macht van de dikte. Nog beter is het, gebruik te maken van ijzerpoederkernen, b.v. ferroxcube. Dit materiaal bestaat

uit onderling geïsoleerde ijzeroxydedeeltjes, die tot een harde massa zijn aaneengesinterd. De verliezen zijn dan praktisch te verwaarlozen klein. Doordat ferroxcube zeer hard is, komt het tevens de slijtvastheid van de wiskop ten goede. Een groot voordeel van deze verliesvrije kernen is, dat men de wiskop tevens als oscillatorspoel in de generator van de wisstroom kan gebruiken. Wij zullen hierop nader terugkomen bij het bespreken van de hf oscillator.

De opneem/weergeefkop

In huiskamerrecorders wordt meestal gebruik gemaakt van een magneetkop die zowel voor opnemen als weergeven dient. In professionele recorders echter, waarvoor de kostenfactor van niet zo eminent belang is, zal men gewoonlijk afzonderlijke opneem- en weergeefkoppen gebruiken. Men kan dan tijdens – of, beter gezegd, een fractie van een seconde na – het opnemen de opname afluisteren, hetgeen bij professioneel werk noodzakelijk is. Zou een geluidstechnicus niet de mogelijkheid hebben, tijdens het opnemen af te luisteren, dan zou dit met grote onkosten en moeilijkheden gepaard kunnen gaan.

Een tweede reden waarom men bij professionele apparatuur aparte koppen voor het opnemen en weergeven wenst, is dat de eisen die men aan deze twee verschillende types voor het verkrijgen van maximale prestaties stelt, teveel uiteenlopen. Gelukkig liggen deze eisen voor de eenvoudige recorders niet zover uit elkaar. Dit laatste moge blijken uit de onderstaande lijst van eisen die men aan opneem- en weergeefkoppen dient te stellen.

Opneemkop

De vorm van de poolschoenen en de spleet moet zodanig zijn dat een snelle vermindering van het magnetisch veld plaats heeft op het punt waar de band het veld verlaat.

Lage wervelstroomverliezen.

Voldoende contact met band.

Hoge eigen resonantie.

Behoorlijke slijtvastheid.

Voldoende afscherming.

Zo hoog mogelijke impedantie.

Wij zien dus dat er uiteenlopende eisen zijn. De bovengenoemde eisen zullen niet tot een precies gelijke constructie aanleiding geven.

De opneem/weergeefkop is samengesteld uit twee gelijkvormige kernhelften die, tegen elkaar gelegd, de „ringkern” vormen. Hoe kleiner deze

Weergeefkop

Zeer smalle uniforme spleet.

Lage wervelstroomverliezen.

Goede afscherming tegen bromvelden.

Voldoende contact met band.

Hoge eigen resonantie.

Behoorlijke slijtvastheid.

Zo hoog mogelijke impedantie.

kernen zijn, des te lager zijn de ijzerverliezen. Daarom is de gunstigste constructie die volgens Fig. 86. Elke kernhelft is meestal opgebouwd uit plaatjes „mu-metaal” van ongeveer 0,2 mm dikte, om de wervelstroomverliezen zo klein mogelijk te houden. Deze plaatjes moeten onderling geïsoleerd op elkaar worden bevestigd. Ze worden vrij van braam uitgestampt en daarna zorgvuldig uitgegloeid en langzaam afgekoeld. Hierdoor krijgt het „mu-metaal” zijn goede magnetische eigenschappen: een smalle hysteresislus en een hoge graad van verzadiging. Door het uitgloeien ontstaat een isolerend oxydehuidje op de plaatjes, die vervolgens van een lijmlaag worden voorzien en zorgvuldig opgestapeld, totdat zij in samengeperste toestand een hoogte van ongeveer $2\frac{1}{2}$ mm hebben bereikt. Na het drogen worden de kernhelften volkomen glad geslepen. Daarna worden de spoel of spoelen aangebracht. De methode van een spoeltje op elke kernhelft is, wat het afweren van bromvelden betreft, gunstiger dan wanneer slechts één spoeltje dat afzonderlijk gewikkeld kan worden op het achterjuk wordt aangebracht.

De beide kernhelften worden nu tegen elkaar gedrukt en vastgeklemd door een tombak veer. Tussen de poolschoenen komt een plaatje berylliumkoper van 0,003 mm dikte, om de spleet te vormen. Het geheel wordt in een mal geplaatst en met koudhardende plastic vol gegoten.

Het berylliumkoper dient voor het verkrijgen van de juiste spleetbreedte en heeft bovendien de eigenschap de krachtlijnen iets naar buiten te dringen, zodat op de plaats waar de band passeert een iets sterker veld ontstaat dan in de spleet. Voorts is het materiaal hard en zal dus minder snel slijten dan de mu-metalen kernen. Zo voorkomt men dat de spleet wordt opgevuld met deeltjes ijzeroxyde, waardoor magnetische kortsluiting zou ontstaan.

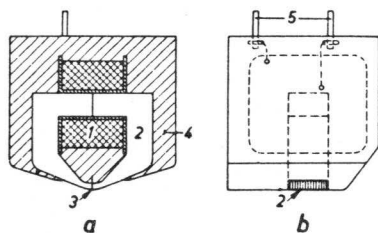


Fig. 86. Constructie van een opneem/weergeefkop. 1. spoel, 2. gelamelleerde kern van „mu-metaal”, 3. luchtspleet, 4. gietmassa, 5. aansluitpunten.

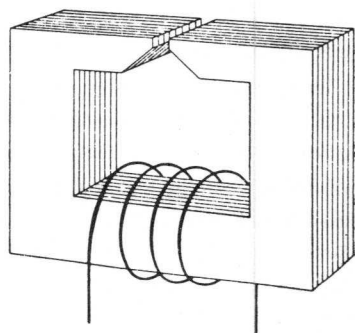


Fig. 87. Schematische opbouw van de kern en de spoel van een magneetkop.

De plaats waar de band in contact komt met de poolschoenen wordt vervolgens uiterst glad gepolijst, waarbij men er vooral zorg voor draagt dat de kant van de „luchtspleet” goed strak is. Dit is natuurlijk nooit

volkomen te verwezenlijken, zodat de effectieve luchtspleet altijd groter zal zijn dan de nominale die door het berylliumkoper wordt gevormd. Na zorgvuldige bewerking komt men tot een effectieve spleetbreedte van ongeveer 0,005 mm. Dit is dan ook een van de redenen waarom ferroxcube als kernmateriaal bij opneem/weergeefkoppelingen voor goedkopere recorders nog weinig toepassing vindt. Weliswaar heeft het voordelen, als geringere verliezen en grotere hardheid, maar het is zeer broos, waardoor bij het polijsten van een scherpe hoek gemakkelijk deeltjes afbrokkelen. Aldus neemt de spleetbreedte belangrijk toe. Niettegenstaande deze nadelen is het te verwachten dat ferroxcube als kernmateriaal steeds meer toepassing zal vinden.

Een achterspleet wordt in het algemeen niet meer toegepast, omdat gebleken is dat het voordeel ervan – namelijk een meer lineair verband tussen de flux bij de spleet en de stroom door de spoel – niet opweegt tegen de nadelen van grotere ongevoeligheid bij het weergeven. In het algemeen zal voor een opneemkop een niet te smalle spleet gewenst zijn, om een voldoende sterk veld door de gevoelige laag van het band te krijgen. Bij weergave daarentegen moet de spleet zo smal mogelijk zijn, voor een zo goed mogelijke reproductie van hoge tonen. Hoewel deze eisen tegenstrijdig zijn, heeft men bij een effectieve spleetbreedte van 0,005 mm een redelijk compromis gevonden. Een voordeel van een smalle opneemspleet is, dat het benodigde veld in de buurt ervan kan worden bereikt bij een lagere inductie van de poolschoenen. Dit is zeer belangrijk, wat men zal ervaren wanneer de poolschoenen na langdurig gebruik iets afslijten. Hierdoor vermindert hun hoogte en zal de inductie toenemen. Ontstaat er nu verzadiging, dan zal het geregistreerde signaal worden vervormd.

De spoel

In het algemeen zal men een spoel met veel windingen verkiezen. Het is hier weer een kwestie van afwegen van het voor en het tegen. Een voordeel van een groot aantal windingen – dus een kop met hoge zelfinductie – is, dat er bij het weergeven veel spanning wordt opgewekt, waardoor het signaal dat aan de eerste buis wordt doorgegeven sterk is. Dit signaal moet ten minste 50 dB boven het eigen geruis en gebrom van deze buis liggen. Wij hebben nu de keus tussen een kop met hoge impedantie zonder transformator tussen kop en buis, en een met lage impedantie met transformator.

Om economische redenen wint de kop met hoge impedantie het, ook al is hij dan enigszins bezwaarlijk bij het opnemen. Een spoel met hoge impedantie heeft namelijk een grote capaciteit, waardoor een gedeelte van de voormagnetiseringsstroom capaciteef verloren gaat en het meten van de voormagnetiseringsstroom onjuist wordt. Voor het instellen van de voormagne-

tiseringsstroom is het daarom beter de spanning over de spoel te meten.

$$I_{\text{voormagn.}} = \frac{u}{2\pi f \cdot L} \text{ ampère,}$$

u = spanning over de spoel in V;

f = frequentie van de voormagnetiseringsstroom in Hz;

L = zelfinductie van de kop in H.

Is de zelfinductie 1 henry, de frequentie van de voormagnetiseringsstroom 45 kHz en de theoretische stroom 200 microampère, dan bedraagt de spanning over de spoel:

$$u = 0,0002 \times 2\pi \times 45\,000 \times 1 = \text{ca. } 55 \text{ V.}$$

Door een kop met een zelfinductie van 1 henry en een spleetbreedte van 0,007 mm moet 50 microampère worden gestuurd om een band vol te moduleren. Bij het weergeven ontstaat in de spoel van deze kop een spanning van 3 mV bij een frequentie van 333 Hz. Het verloop van de spanning tussen 50 Hz en 14 kHz bij een band met constante flux (praktisch ten gevolge van de demagnetisatieverliezen niet mogelijk!) is in Fig. 88 weergegeven.

De spanning die in de spoel van een weergeefkop wordt opgewekt is bij een constante flux op de band recht evenredig met de frequentie en neemt dus 6 dB per oktaaf toe.

Ten gevolge van de verliezen zal de lijn fig. 88, bij hogere frequenties echter minder dan 6 dB per oktaaf stijgen.

Het verlies in de kop (ijzerverliezen + contactverliezen) vinden wij door lijn van 6 dB per oktaaf door te trekken en het aantal dB dat de buiging ten opzichte van deze lijn afwijkt af te lezen. Ten slotte een waarschuwing met betrekking tot gecombineerde opneem/weergeefkoppen. Voor het overschakelen van opnemen naar weergeven (en terug) moet een groot aantal contacten in een bepaalde volgorde worden omgeschakeld. Wordt deze volgorde, bijvoorbeeld door ondeskundige behandeling, gewijzigd, dan bestaat er kans dat de kop door stroomstoten blijvend wordt gemagnetiseerd. Hierdoor kan bij het afspeken een opname worden bedorven, omdat het magnetisme van de kop in de band gelijkveldgeruis veroorzaakt.

De afscherming

Een afscherming van de kop van ongeveer 40 dB (d.w.z. het bereikte

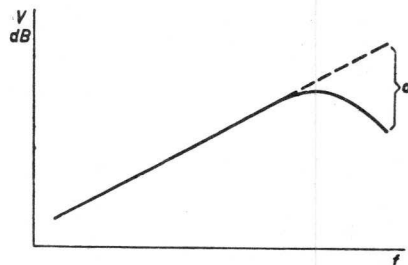


Fig. 88. Het verband tussen de frequentie F en de spanning U , die een band met constante flux in de weergeefkop induceert. De lijn stijgt 6 dB per oktaaf. Val a ontstaat ten gevolge van ijzerverliezen en contactverliezen.

stoorveld ligt 40 dB lager dan indien er geen afscherming was) wordt verkregen met een mu-metalen omhulling van ca. 1 mm dikte en eventueel een afschermplaatje direct om de kop.

Het instellen van de kop

De koppen worden bevestigd op een montageplaatje, dat op drie veren rust en door middel van drie schroeven is bevestigd. Met behulp van deze schroeven kan men de kop op de juiste hoogte en de spleet loodrecht op de looprichting van de band instellen (Fig. 79). Deze loodrechte stand van de spleet is van groot belang, aangezien een kleine afwijking van die stand een verlies aan hoge tonen met zich brengt. Zodra de spleet één golflengte scheef staat, wordt de desbetreffende frequentie niet meer weergegeven, omdat de spleet dan evenveel positief als negatief magnetisme aftast, zodat het resultaat van de magnetische flux door de spoel nihil wordt (Fig. 89). De toelaatbare maximale afwijking bedraagt $\frac{1}{4}$ van de spleetbreedte. Dit komt bij een effectieve spleetbreedte van 5 micron neer op ongeveer 1 micron. De hoekafwijking is dan bij halfspoor 2 min ($\text{tg} \alpha = a/b =$

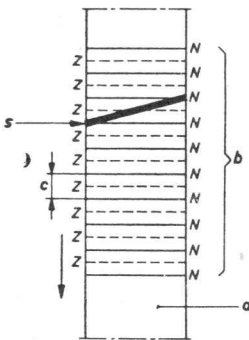


Fig. 89. De invloed van een scheve spleet S op de weergave van een geregistreerde toon b met een golflengte c. Indien de spleet één golflengte scheef staat, gaat er geen flux meer door de kern van de kop en wordt de betreffende toon niet weergegeven.

$\frac{1}{3000} = 0,0003$). Het scheef staan van de spleet heeft ten gevolge dat de spleetbreedte eigenlijk met een factor $b \text{ tg} \alpha$ moet worden vermenigvuldigd.

In de praktijk geschiedt het instellen van de kop met behulp van een testband, waarop een hoge frequentie met grote nauwkeurigheid loodrecht op de band is getekend. De testband wordt afgespeeld en de uitgang van de weergeefversterker wordt verbonden met een nauwkeurige wisselspanningsvoltmeter. De kop wordt zó ingesteld dat de uitslag van de voltmeter maximaal is. Wordt de kop zowel voor het opnemen als voor het weergeven gebruikt, dan heeft de scheve stand van de spleet vrijwel geen invloed. Zodra op de andere recorders opgenomen banden worden afgespeeld, wordt het juiste instellen van de spleet weer wél van belang.

Combinatie van wis- en opneem/weergeefkop

Sommige fabrikanten passen een gecombineerde wis- en opneem/weergeefkop toe. Fig. 90 laat hiervan een voorbeeld zien, waarbij afzonderlijke spoelen voor het wis- en voormagnetiseringsveld worden gebruikt.

Een nadeel van het laatste systeem is, dat de voormagnetisatiestroom

niet naar behoefte kan worden gewijzigd om een zo gunstig mogelijke instelling van het voormagnetiseringsveld te verkrijgen. In het algemeen blijken dergelijke koppen in de fabricage niet voordeliger uit te vallen dan gescheiden koppen; men zal ze dan ook niet vaak toegepast zien.

Behalve de reeds besproken koppen, die een magnetisch veld in de lengterichting van het band geven (Fig. 91) – koppen voor longitudinale opname – kennen wij ook nog koppen voor andere opneemtechnieken.

Laterale opnamen (dwars op de looprichting van de band) (Fig. 92) worden soms samen met de longitudinale opneemtechniek toegepast.

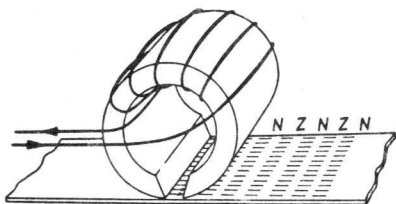


Fig. 91. Longitudinale recording.

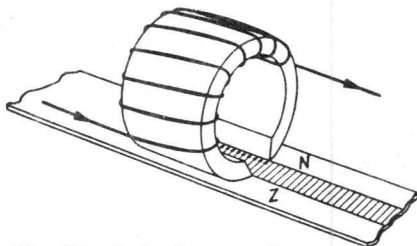


Fig. 92. Laterale recording.

Deze methode heeft voor muziek en spraak weinig zin, maar wel voor het vastleggen van meetimpulsen.

De transversale opneemtechniek (Fig. 93) werd door Marconi en Lorenz toegepast, maar is op de duur wegens onbevredigende resultaten verlaten.

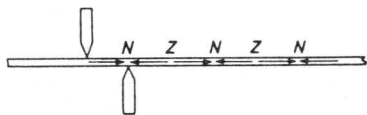


Fig. 93. Transversale recording.

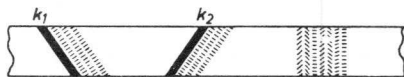


Fig. 94. Kruisrecording. De spleten van kop k_1 en kop k_2 vormen onderling een hoek van 90 graden.

Kruisrecording

Met behulp van twee koppen (k_1 en k_2 in Fig. 94) waarvan de spleten gekruist staan, is het mogelijk op één spoor twee signalen tegelijk op te nemen. Het is zelfs denkbaar, dit uit te voeren met één kop met gekruiste spleten en twee spoelen.

Tot dusverre heeft deze methode nog weinig toepassing gevonden.

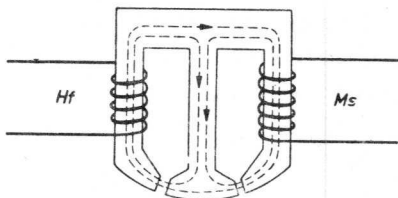


Fig. 90. Schematische voorstelling van een gecombineerde wis/opneem/weergeefkop. Door de linker spoel gaat de hoogfrequentievoormagnetisatiestroom, en door de rechter spoel de modulatiestroom. De stippellijnen geven de loop van de krachtlijnen aan. De wisspleet links is breder dan de opneem/weergeefpleet rechts.

X. MAGNETISCH BAND

Alvorens dieper in te gaan op de eigenschappen van magnetisch band en zijn fabricage te beschrijven, dienen wij eerst eens te overwegen waarom men afstand heeft gedaan van staaldraad en -band.

Bij de theorie van het magnetiseringsproces hebben wij er op gewezen dat elk elementair magneetje in het opnamemedium meewerkt aan het registreren van de door de magneetkop gevormde velden. Verder bleek dat het geruis van het medium afhankelijk is van het aantal elementaire magneetjes dat per tijdseenheid de weergeefkop passeert; hoe groter de „concentratie” van deze deeltjes, des te geringer het geruis. Homogene materialen als staaldraad en -band, bieden wat dit betreft schijnbaar een voordeel boven de tegenwoordig gebruikte banden, die bestaan uit een drager van plastic en een laag waarin zich de deeltjes ijzeroxyde bevinden (Fig. 95). Het is dan ook niet om deze reden dat men geen stalen medium meer gebruikt. Waarom dit wél is geschied, moge blijken uit de volgende tabel.

	Staalband	Staaldraad	Plastiekband
Verwarren na breuk	neen	ja	neen
Afval van hoge tonen: t.g.v. demagnetisatie verliezen	groot	groot	klein
t.g.v. torsie	neen	ja	neen
Lasbaarheid	slecht	slecht	goed
Hoorbaarheid van lassen	duidelijk	duidelijk	geen
Constantheid aandrijving	goed	slecht	goed
Copieereffect	sterk	sterk	zwak
Mogelijkheid twee sporen	ja	neen	ja
Gewicht	zeer hoog	laag	vrij laag

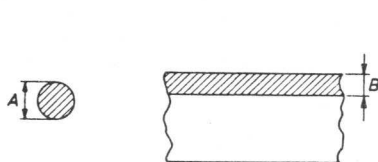


Fig. 95. Links, doorsnede van staaldraad $A = 0,1$ tot $0,05$ mm. Rechts, doorsnede van band $B = 0,015$ tot $0,01$ mm.

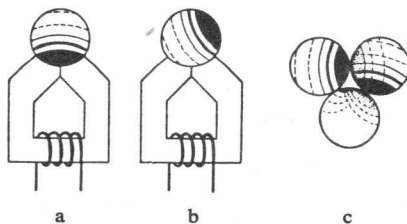


Fig. 96. Verschil van draadcontact gedurende het opnemen (a) en weergeven (b). Het ontstaan van copieereffect (c).

Plastiek is met bijna al deze eigenschappen in het voordeel en staaldraad vrijwel steeds in het nadeel.

Een praktisch bezwaar van plasticband ten opzichte van staaldraad is het gewicht, en dit geldt uiteraard in nog grotere mate voor staalband.

Het verlies aan hoge tonen bij draad ten gevolge van torsie is als volgt te verklaren. Gedurende het opnemen zal de draad, zoals getekend in Fig. 96a over de kop lopen; bij het weergeven kan hij gedraaid zijn en over de kop lopen, zoals is weergegeven in Fig. 96b. Behalve in een verlies aan hoge tonen, resulteert dit in een vermindering van de gevoeligheid.

In Fig. 96c is aangegeven hoe bij dicht naast elkaar liggende windingen staaldraad gemakkelijk overdrukken van het magnetisch patroon kan ontstaan. Bij band werkt de „isolerende” plasticlaag dit verschijnsel, ook wel copieereffect genaamd, tegen.

Zoals in Hoofdstuk VI al is opgemerkt, hangen de eigenschappen van band in sterke mate af van de magnetische laag, en wel in eerste instantie van de deeltjes ijzeroxyde die in de laag aanwezig zijn. Een recording-medium zal, om ideaal te zijn, geen enkele invloed moeten hebben op het signaal dat men wil registreren – noch vóór de registratie, noch erna; het zal geen vervorming mogen veroorzaken of geruis toevoegen. Aan deze twee eenvoudige eisen is echter betrekkelijk moeilijk te voldoen.

Om een idee te krijgen van wat er eigenlijk bij het registreren van magnetische signalen geschiedt, kan een leek deze registratie het gemak-

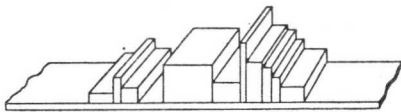


Fig. 97. Schematische voorstelling van de magnetische registratie op band. De breedte van de staven is een maat voor de golflengte (frequentie); de hoogte is een maat voor de sterkte van het signaal.

kelijkst vergelijken met het leggen van een rand stenen (Fig. 97). Men zal hierbij proberen, stenen van absoluut gelijke vorm en grootte te kiezen, maar men zal daarin – tenminste wanneer men natuursteen gebruikt – nooit slagen; er zijn altijd verschillen in breedte en hoogte. Denkt men zich nu staafmagneten in plaats van stenen, en stellen we

voor breedte toonhoogte, en voor hoogte geluidsterkte; de staven brengen we naast elkaar aan op een bewegende band.

Het patroon op de band komt overeen met het magnetisch patroon dat door een opneemkop wordt veroorzaakt ten gevolge van de signaalstroom die door de windingen van een dergelijke kop vloeit. De band wordt, terwijl hij langs de kop beweegt, longitudinaal (in de richting van de beweging) gemagnetiseerd met een doorlopend patroon dat in lengte, sterkte en polariteit varieert.

Homogeen band

Niet altijd heeft magnetisch band uit twee lagen bestaan. Het eerste goed bruikbare band, dat door I. G. Farben voor AEG werd gemaakt, waren de zogenaamde c-banden. Dit waren tweelagenbanden op celluloseacetaat basis. Door een explosie in 1943 werd de gietmachine volledig vernietigd, waardoor de fabricage van homogene banden, die eveneens, in kleine hoeveelheden, werden gefabriceerd, uitgebreid moest worden. De homogene band bestond uit een mengsel van polyvinylchloride en ijzeroxydepoeder. Men was niet geheel vrij in de keuze van de gewichtsverhouding tussen het ijzeroxyde en pvc, omdat het band sterk en soepel moest blijven, wat bij verhoging van het percentage ijzeroxyde beslist niet het geval is. De samenstelling was ongeveer: 60 % pvc — 40 % Fe_2O_2 .

Een weekmaker en enkele andere stoffen werden toegevoegd, opdat het band na het walsen soepel bleef en de vermenging van oxyde en pvc grondig zou zijn. Polyvinylchloride is een thermoplastische stof, dit wil zeggen dat het door verwarming week wordt. Het mengsel met de bijmengsels werden goed vermengd, verwarmd en tussen walsen geplet tot een vel van circa 1 mm dikte en 60 cm breedte. Dit vel werd door een tweede machine dunner uitgewalst en meteen gerektd tot de dubbele lengte (Fig. 98). Daarna werden in de lengterichting de bandjes uitgesneden. De dikte na het rekken bedroeg ongeveer 0,05 mm. Door dit rekken kwamen de pvc-moleculen in de lengterichting te liggen, waardoor men een grote scheursterkte in dwarsrichting en een grote breuksterkte verkreeg.

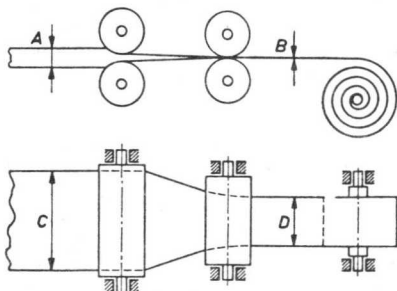


Fig. 98. De wijze waarop een pvc foelie ontstaat. Door de eerste wals wordt alleen de dikte van het materiaal verminderd, de breedte blijft constant. De tweede wals draait sneller dan de eerste, waardoor behalve de dikte ook de breedte van de band kleiner wordt. Het gevolg is een materiaal dat weinig rek en grote sterkte heeft.

Het ijzeroxyde sleep de walsrollen zeer snel af, zodat het procédé vrij kostbaar was. Een ander nadeel van homogeen band hebben wij al genoemd, namelijk dat de concentratie van het ijzeroxyde tamelijk laag is. Dit uit zich in een vrij sterk geruis, lage gevoeligheid (deze is recht evenredig met de concentratie van het oxyde) en vrij grote variatie in de gevoeligheid tengevolge van ijzeroxyde concentratie variaties, terwijl het band nogal in dikte varieerde.

Tweelagenband

Toen men om economische redenen de bandsnelheid wilde verlagen, werd de noodzaak van hogere concentratie van het ijzeroxyde en geringere dikte van de magnetische laag des te dringender. Men ging toen over tot de fabricage van tweelagenband, zoals wij dat nu nog gebruiken. De voordelen hiervan zijn: grotere gevoeligheid, groter frequentiegebied en vooral betere weergave van hoge tonen, minder geruis, minder variatie van gevoeligheid, grotere treksterkte, gemakkelijker fabricage. Het probleem was echter, ervoor te zorgen dat de hechting tussen de magnetische laag en de drager sterk genoeg wordt en dat na het drogen het band niet hol of bol gaat staan.

Er ontstond toen een hausse in de fabricage van magnetisch band. Uiteraard hadden de fabrikanten die de voor dit band geschikte grondstoffen reeds eerder verwerkten of produceerden een voorsprong.

Een bekend voorbeeld is de Minnesota Mining & Manufacturing Co. in Amerika, die vele soorten materiaal in de vorm van band vervaardigt. Zo maakte deze fabriek polijstpapier dat bestond uit papieren rollen met uiterst fijn ijzeroxydepoeder. Als men dit papier in reepjes van de vereiste breedte sneed, had men in principe een medium voor magnetische recording. Door verbetering van het oxyde en de keuze van geschikter papier was M.M.M. spoedig in staat vrij goedkoop tweelagenpapierband te leveren.

Andere fabrikanten, die di- of triacetaat foelies maken voor verpakkingsdoeleinden, gingen ertoe over deze foelies te voorzien van een laag ijzeroxyde, waaruit het acetaatband ontstond. Het bleek dat de gladde

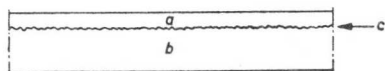


Fig. 99. Twee lagen band met een ruw scheidingsvlak tussen de drager (b) en het magnetisch materiaal. Het resultaat hiervan is te veel geruis in de weergave.

acetaatfoelie geschikter was. Het geruis (Fig. 99) en de gevoeligheidsvariaties zijn geringer dan bij papierband, zodat M.M.M. zich spoedig genoodzaakt zag zijn productie op acetaatband over te schakelen. Ook maatschappijen die

fotografisch films maakten en hiervoor eveneens acetaatfoelies gebruikten, gingen tot de fabricage van dit soort band over. Voorbeelden hiervan zijn Kodak, Gevaert en Agfa.

De Badische Anilin- und Sodafabriken B.A.S.F., die pvc-foelies op hun productieprogramma hadden staan, gingen ertoe over dit materiaal van een magnetische laag te voorzien. Het voordeel van pvc boven acetaat is, dat het vocht afstoot, terwijl acetaat het gemakkelijker aantrekt. Daardoor krullen pvc-banden niet zo snel en zijn zij vooral in tropische gebieden beter bruikbaar. Ook is pvc aanmerkelijk sterker.

Toch heeft dit laatste materiaal ook nadelen, nl. dat in gestrekte foelies

vaak gaatjes voorkomen en dat de variaties in dikte belangrijk groter zijn dan bij acetaat. Bij de fabricage zal dus een veel grotere uitval ontstaan.

Door de meeste bandfabrikanten worden momenteel zeer sterke polyester langspeel- en dubbelspeelbanden in de handel gebracht.

Kwaliteitseisen

Bij het beoordelen van magnetisch band dient men twee maatstaven aan te leggen, die betrekking hebben op de mechanische en de magnetische eigenschappen. De eisen zijn min of meer internationaal vastgelegd. De mechanische eisen zijn:

Bandsoort:	Normaalband	Langspeelband	Dubbelspeelband
Breedte in mm:	6,25 ± 0,05	6,25 ± 0,05	6,25 ± 0,05
Dikte in micron max.:	60	40	30
Rek na 1 min. belasting:	<1,5% bij 1 kgf*	<1,5% bij 0,75 kgf	<1,5% bij 0,5 kgf
Blijvende rek 1 min. na belasting:	<0,2%	<0,2%	<0,2%

Schokbelasting: 100 mm normaalband wordt belast met 150 gram, van 250 mm hoogte valt een gewicht van 100 gr. op de belasting van 150 gr. Eén van de 10 proefbandjes mag dan breken.

Verder zijn van belang de sabelvormigheid (niet-kromliggen), hechting van de laag, gladheid van de laag, geardheid van de zijkant van het band en geschiktheid voor de tropen.

De magnetische eisen bij 19 cm bandsnelheid zijn:

Uitgangsgevoeligheidsvariaties tussen begin en einde: 1 à 2 dB

Uitgangsgevoeligheidsvariaties tussen verschillende rollen: -1 tot +2 dB

Inductie bij 1% vervorming: 160 mili Maxwell

Afval van 10.000 Hz t.o.v. 1000 Hz: -4 dB

Geruis maximaal: 60 dB

Modulatiegeruis: 55 dB

Copieereffect maximaal: 60 dB

Voorts komen nog in overweging de voormagnetisatiestroom die nodig is voor maximale gevoeligheid, en de moduleerstream nodig om de band tot 3% vervorming te moduleren.

Toen men, om de speelduur nog meer te verlengen, dunner band ging vervaardigen, kwam het acetaatband in gedrang omdat het dan niet meer aan sterkte-eisen voldeed. Men is toen in de Verenigde Staten band gaan fabriceren op „mylar” drager („mylar” is een handelsmerk van Du

*) kgf = kilogram kracht. 1 kgf. = 9,81 newton (N).

Pont voor polyester). Deze stof heeft een zeer grote breuksterkte maar rekt gemakkelijk; de prijs is bovendien hoog. Voordelen zijn: ongevoeligheid voor vocht en voor zeer hoge en lage temperaturen.

Een reclame stunt van een Amerikaanse magneetbandenfabriek was, een eindloze polyester band ononderbroken door een bad met kokend water te voeren, daarna door vloeibaar koolzuur, en vervolgens langs de wiskop, de opneemkop en de weergeefkop van een recorder. Deze machine wiste, registreerde en speelde af in een cyclus waarbij het band aan temperatuurschommelingen van 155°C werd onderworpen. De kwaliteit van de weergegeven muziek bewees dat het polyester band hiervan niet te lijden had.

In Europa waren de fabrieken die al pvc als dragermateriaal gebruikten in het voordeel, omdat hun banden ook bij een (verminderde) dikte van 0,042 mm sterk genoeg zijn. Ook is zelfs dan de rek niet zo groot dat een band die op een of andere manier „ontspoord” is geweest, onbruikbaar zou zijn geworden.

Fabricage

In de fabricage van pvc-band kan men vier fasen onderscheiden:

1. vervaardiging van de foelie en de ijzeroxydepap die op deze foelie wordt gegoten;
2. het „gieten” van het band;
3. het snijden in de gewenste afmetingen;
4. het confectionneren – d.i. het afwerken en verpakken.

De foelies die dienst zullen doen als drager ontstaan in twee stadia. De grondstof is een witachtig materiaal dat aan grof zand doet denken. Deze massa wordt warm gewalst tot een plaat. Een tweede machine, de kalender, walst deze plaat uit tot een doorzichtige foelie waaruit na een extra warmtebehandeling en een rekprocédé de soepele drager ontstaat. Al naar men dun of dik band fabriceert, wordt de foelie in dikten van ca. 0,020 of ca. 0,035 mm afgeleverd aan de machines die de magnetische laag aanbrengen. Voor het gieten worden de rollen foelie, die een lengte hebben van ongeveer 1200 m, op materiaal fouten gecontroleerd en op de gewenste breedte van 40 tot 100 cm gesneden.

In de natuur komen twee soorten ijzeroxyde voor, die geschikt zijn voor magnetische band. Bekend zijn het zwarte magneetijzersteen of magnetiet Fe_3O_4 en het roodijzersteen of haematiet Fe_2O_3 ; meestal wordt het Fe_2O_3 toegepast. Het bestaat in twee toestanden, namelijk α Fe_2O_3 , dat niet magnetisch is en dus onbruikbaar voor de fabricage van magnetische band, en het γ Fe_2O_3 , dat wel magnetische eigenschappen heeft.

Het $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ bestaat weer in twee kristalvormen, de zogenaamde naaldvormige kristallen en de kubieke kristalstructuur.

De naaldvormige kristallen zijn, zoals we reeds bij de theorie op blz. 45 beschreven, het meest geschikt voor het fabriceren van goede magnetische banden. De kristallen moeten dan ongeveer 0,0001 mm dik en 0,001 mm lang zijn. Brengt men deze kristallen netjes in de lengterichting georiënteerd aan op de band, dan ontstaat een zeer gevoelige magnetische laag. De fabricage van het ijzeroxyde geschiedt meestal langs chemische weg. Het procédé is doorgaans fabrieksgeheim of is door octrooien beschermd. Gewoonlijk behandelt men hiervoor een ferrosulfaat- of ferro-oxalaatoplossing bij aanwezigheid van kaliumnitraat als oxydaudemiddel met natronloog. Hierbij ontstaat als een grauw neerslag ijzer-hydroxyde. Dit neerslag wordt bij 80° C behandeld met natriumsalpeter, waardoor het zwarte ferro-ferrioxxyde Fe_3O_4 ontstaat. Na gereinigd en gedroogd te zijn wordt het onder toevoeging van lucht met een temperatuur van 300° C in draaiende trommels verhit, waardoor het ferro-ferrioxxyde Fe_3O_4 overgaat in gamma-ferrioxxyde, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Wordt de temperatuur te hoog, dan verdwijnt de magnetische eigenschap van het ferrioxxyde en ontstaat het onbruikbare niet-magnetische α ferrioxxyde. Met behulp van een elektronenmicroscop worden de deeltjes Fe_2O_3 gecontroleerd op vorm en afmetingen; bij een goede fabricagemethode zijn ze belangrijk kleiner dan 0,001 mm. Nadat het is vrijgegeven voor verdere bewerking, wordt het ferrioxxyde met een synthetische lak vermengd. Dit geschiedt gedurende ongeveer 100 uur in een kogelmolen – een draaiende trommel met een groot aantal stalen kogels. De bedoeling van deze bewerking is dat de microscopisch kleine oxydedeeltjes elk afzonderlijk worden omgeven door een zeer dun laagje lak. Na het mengen wordt in een zeer fijne zeef elk groter klompje oxyde verwijderd. Alvorens de gietmassa verder wordt bewerkt, neemt men een monster, waarvan op een kleine laboratoriumgietmachine een paar proefbanden worden gegoten. Indien de metingen aan deze banden bevredigende resultaten opleveren, wordt de gietmassa vrijgegeven.

De gietmachine bevindt zich in een absoluut stofvrije ruimte. Zij bestaat meestal uit een gietwals waarover de folie wordt gevoerd. Boven de wals bevindt zich een bak, waarin de gietmassa, die op de vereiste temperatuur is gebracht, wordt gepompt. Met behulp van een micrometerschroef kan men de gietlaag nauwkeurig op dikte instellen. Precisiemeeinstrumenten geven direct na het gieten de dikte van de laag aan, waardoor het mogelijk is tijdens het procédé controle en correcties uit te voeren. De begoten foelie wordt door een droogkamer geleid, opdat de vluchtige bestanddelen van de lak worden verwijderd. Het lange magneet-

vel komt nu door een luchtsluis naar buiten, wordt opnieuw gedroogd en gevlaakt, en dan opgerold.

De rollen magneetvel gaan naar de snij- of splitmachine en worden verwerkt tot elk ongeveer 58 bandjes van ongeveer 1200 m, die op een kartonnen kern gewikkeld zijn. Er worden zeer hoge eisen gesteld aan de messen van deze machine, omdat de bandjes een volkomen glatte zijkant moeten hebben.

Nu volgt een kwaliteitscontrole van de magnetische laag van elk bandje afzonderlijk. Dit geschiedt op machines met een sterke lichtbron en een fotoëlektrische cel. Zodra de fotocel licht ontvangt doordat er een dunne plek of een gaatje in de deklaag is, wordt de band onmiddellijk gestopt; de slechte plek kan dan direct worden verwijderd. Daarna gaan de rollen naar de confectioneerafdeling. Onder confectionneren verstaat men het op lengte snijden, het aanbrengen van schakelfoelies en van niet-magnetisch aanloopband, het wikkelen op spoelen en het verpakken.

De chemie en de technologie staan niet stil, en dit impliceert dat men ernaar streeft banden te fabriceren die bij lagere snelheden hogere frequenties kunnen registreren met weinig geruis en vervorming. Het is niet uitgesloten dat er verrassende verbeteringen zullen ontstaan. Wij zullen nog eens resumeren welke eigenschappen de magnetische laag moet hebben voor een acceptabele muziekkwaliteit bij geringe bandsnelheid:

1. Grote coërcitie - 20 000—28 000 A/m (hoge tonen)
2. Grote remanentie (grote uitgangsgevoeligheid)
3. **Gering geruis (constante kleine korrelgrootte, grote concentratie, egale oppervlakte)**
4. Gering copieereffect
5. Gelijkmatige uitgangsgevoeligheid (constante samenstelling, constante dikte)
6. Glad oppervlak (weinig geruis, geringe slijtage van magneetkoppen)
7. Sterke hechting aan de drager
8. Geringe neiging tot het vormen van statische lading
9. Grote slijtsterkte
10. Geringe poederafgifte
11. Soepelheid

Glad oppervlak

Voor een glad oppervlak zijn kleine kristallen van gelijkmatige vorm een vereiste. Deze gladheid betekent een te verwaarlozen variatie van de afstand tussen de magnetische deeltjes en de weergeefkop. Het belang van een innig contact tussen de magnetische laag en de weergeefkop blijkt uit Fig. 100, waarin het verband is aangegeven tussen de spanning op

de klemmen van de spoel van een weergeefkop en de frequentie bij verschillende afstanden tussen band en kop.

Wij zien dat bij een bandsnelheid van 19 cm/s en een afstand van 0,009 mm, 10 000 Hz ongeveer 2 dB afvalt. Bij een afstand tussen laag en kop van 0,015 mm, is de afval bij 10 000 Hz al ongeveer 40 dB. Men heeft kunnen nagaan, dat „innig contact” tussen band en kop overeenkomt met een gemiddelde afstand van 0,0035 mm, waardoor bij 10 000 Hz reeds een afval ontstaat van ongeveer 3 dB. Deze minimale afstand wordt bepaald door het feit dat het oppervlak zelfs bij hoogst nauwkeurig polijsten niet absoluut vlak wordt, en dat een gedeelte van het oppervlak wordt gevormd door bindmiddel in plaats van door kristalletjes ijzeroxyde.

Ook de eigenschappen van het bindmiddel zijn zeer belangrijk. Zijn taak is tweeledig, namelijk het bijeenhouden van de kristallen in een laag en het hechten van deze laag aan de drager. Het bindmiddel mag niet kleverig, stroef of brokkelig zijn, en geen sterke statische lading veroorzaken wanneer het band langs de koppen loopt. Een stroeve band kan aanleiding geven tot „slipstick”, en hiertoe kan ook de drager zelf bij-

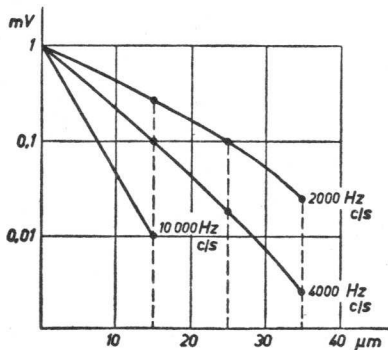


Fig. 100. Het verband tussen de spanning die een constant gemoduleerde band in de weergeefkop afgeeft als functie van de afstand tussen spleet en band. Indien de afstand 0,015 mm bedraagt, ontstaat bij 10000 Hz een verlaging van de weergave met 40 dB.

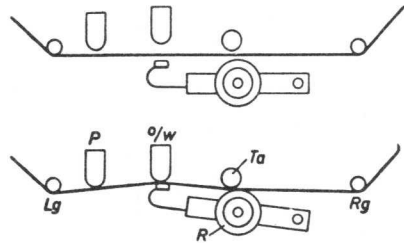


Fig. 101. Een voorbeeld hoe met behulp van een aandrukviltje de band in innig contact met de opneem/weergeefkop gebracht kan worden.

Lg en Rg zijn de linker en de rechter geleidepennen. P = wiskop, o/w = opneem/weefgeefkop, Ta = bandtransportas, R = rubber aandrukrol, op de arm voorzien van een veer met het aandrukviltje.

dragen. Slipstick is het verschijnsel dat men wel bij speelgoed toepast, om met behulp van een dekseltje en een touwtje eigenaardige geluiden te produceren. Men maakt een gaatje in het dekseltje en steekt daardoor het touwtje, dat aan het eind een knoop heeft, zodat het niet door het gaatje kan schieten. Dan houdt men het dekseltje in de ene hand en geeft men met de andere rukjes aan het vrije eind van het touw. Als het touwtje gespannen is, ontstaat een kakelend geluid. Het dekseltje veert namelijk

tijdens het trekken iets door en springt dan terug, waardoor het touwtje met korte rukjes door de vingers schiet. Het dekseltje brengt zodoende de lucht in beweging, waardoor het gekakel ontstaat.

Bij magneetband kan een dergelijk verschijnsel optreden, waarbij de band het touwtje voorstelt en de kop de vingers. Weliswaar ontbreekt het dekseltje, maar dit kan men vervangen denken door de veerkracht van het stuk band tussen de kop en de toonas. De band komt in longitudinale trilling, waardoor het weergegeven geluid vervorming vertoont.

Bij een goed soort band, en indien men er voor zorgt dat de afstand tussen kop en toonas klein is, zal deze vervorming t.o.v. andere storende invloeden te verwaarlozen klein zijn. Slipstick kan ook optreden doordat men, om innig contact tussen kop en magnetische laag te krijgen, door middel van een verend armpje met een aandrukuiltje de band tegen de kop drukt (Fig. 101). Door een samenspel van band en viltje kan een van beide in trilling komen, waardoor een hoorbare piepende toon ontstaat, die bij het opnemen het signaal vervormt en bij het weergeven nog een extra vervorming kan veroorzaken.

Door een goede keuze van band en aandruksysteem kan men dit verschijnsel tot een minimum beperken.

De gevoelige laag van de huidige banden wordt voorzien van een smeermiddel waardoor de kans op „slipstick” aanmerkelijk wordt beperkt terwijl tevens het slijten van de magneetkoppen belangrijk wordt verminderd.

De oppervlakte van de gevoelige laag wordt bij moderne banden gepolijst waardoor een nog inniger contact tussen band en kop wordt verkregen en de kopslijtage tot een factor 4 kan worden gereduceerd.

Bepalen wij ons nu weer tot het oppervlak van de magnetische laag, dan kunnen wij zeggen dat de fabrikanten van goed band erin zijn geslaagd een laag te fabriceren die een zeer grote slijtsterkte bezit en praktisch geen poeder afgeeft. Hun banden kunnen meer dan 10 000 maal worden gebruikt zonder dat de magnetische eigenschappen merkbaar verminderen.

Hechting van de laag

Indien de hechting tussen de laag en de drager onvoldoende is, zal het band op de duur waardeloos worden. Een eenvoudige controle van de hechting is die met de vingernagels: men kan een goed gehechte laag niet afkrabben. Beter nog kan men een zeer scherpe vouw overdwars maken, met de gevoelige laag naar binnen gekeerd. Strekt men het band dan weer en houdt men het tegen het licht, dan mag er geen doorzichtige streep zichtbaar zijn.

Statische lading

Door het wrijven van band langs koppen en leipennen kan wrijvings-elektriciteit ontstaan. De hierdoor gevormde statische ladingen kunnen zeer hoge spanningen veroorzaken, met als gevolg het overspringen van vonken, waardoor storing in de weergave kan ontstaan. Soms kan zelfs beschadiging optreden, doordat de vonken dwars door het band slaan. In de meeste gevallen is het echter niet zo ernstig en blijft het bij een spetterend stoorgeluid. Een goed soort band en goed „geearde” onderdelen van de recorder voorkomen deze naringheid.

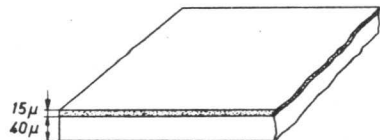
Moderne banden bevatten „astatische” stoffen, die het statisch opladen van de banden voorkomen. Men kan op eenvoudige wijze controleren, of een band statisch geladen kan worden. Trek ongeveer 50 cm band licht tussen duim en wijsvinger door. Laat het bandeinde vrij hangen en breng de hand in de buurt van het uiteinde. Wordt de band door de hand aangetrokken dan is de band statisch geladen. Bij vochtig weer kan het effect slecht waarneembaar zijn.

Gelijkmatige uitgangsgevoeligheid en gering geruis

Er bestaat een bepaald verband tussen de gevoeligheid en de dikte van de magnetische laag. Hoe dikker de laag (binnen zekere grenzen, natuurlijk), des te gevoeliger het band. Het blijkt echter dat de gevoeligheid voor hoge tonen niet evenredig met de dikte van de laag toeneemt en relatief ten achter blijft. De lagere frequenties dringen dus blijkbaar tamelijk diep door, terwijl de hogere aan de oppervlakte blijven. Ziet men kans de gevoeligheid van de laag te vergroten, bij voorbeeld door vergroting van de concentratie van het ijzeroxyde, dan kan men de dikte verminderen zonder gevoeligheid prijs te geven, en toch nog een verbeterde situatie ten aanzien van de hoge tonen verkrijgen.

Indien dus de laagdikte varieert, vertoont de uitgangsgevoeligheid van het band evenredige afwijkingen. Heeft nu een foelie diktevariaties, dan zal de dikte van de gevoelige laag ook variëren (Fig. 102). Door verschil in de fabricagemethodes, is de dikte van acetaat constanter dan die van pvc. Door strenge selectie kan men echter pvc-bandens verkrijgen die aan de hoogste eisen voldoen. Bij vluchtige overweging zou men geneigd zijn aan te nemen dat de drager onbelangrijk is voor de kwaliteit van de opname. Toch is dit niet juist. Men kan bij voorbeeld alleen een constante magne-

Fig. 102. De verhouding tussen de dikte van de drager 0,04 mm en de magnetische laag 0,015 mm van een normale tweelagenband.



tische laag verkrijgen indien de drager een zeer glad oppervlak heeft; elke oneffenheid in dit oppervlak veroorzaakt een onregelmatigheid in de gevoelige laag. Daarom bleek destijds ook dat papier ongeschikt is om als drager te fungeren. Men kan geen — overigens geschikt — papier maken dat de gladheid van polyvinylchloride, acetaat of polyester heeft en dus hetzelfde lage en constante geruisniveau veroorzaakt.

Soepelheid

Soepelheid en vlakheid van het band waarborgen een beter contact met de kop, veroorzaakt minder slijtage hiervan, en wikkelt beter op de spoelen.

Aangezien vooral bij de 4-sporen techniek het contact tussen band en kop zeer innig moet zijn, speelt de soepelheid van de band een grote rol. Bij een 4-sporen recorder is het daarom noodzakelijk uitsluitend de veel soepelere langspeel- of superlangspeelbanden te gebruiken. Een onregelmatig band-kopcontact kan bij de monaurale 4-sporen weergave vooral bij 4,75 cm bandsnelheid aanleiding geven tot een soort „stottereffect”.

Frequentiekaracteristiek van magnetisch band

Het is in de praktijk niet mogelijk, uitsluitend te spreken over de magnetische eigenschappen van band. Om band te kunnen beoordelen, zal men eerst moeten opnemen en dan weergeven. Bij de opname zijn de eigenschappen van de opneemversterker en -kop mede van invloed, en bij de weergave tevens die van weergeefkop en -versterker. Om voor het juiste beoordelen van band de eigenschappen van de versterkers te elimineren, voert men bij het opnemen meestal een constante stroom aan de opneemkop toe en meet men direct de spanning aan de klemmen van de weergeefkop. Men verkrijgt dan ongeveer de kromme van Fig. 103.

Deel 2 van deze kromme is het middenfrequentiegebied, dat een helling heeft van 6 dB per octaaf. Dit komt doordat de sterkte van de opname op het band voor alle frequenties constant is, waardoor de spanning aan de weergeefkop uitsluitend evenredig is met het aantal veldwisselingen per seconde. Hieruit volgt dat de spanning evenredig toeneemt met de frequentie; dit komt overeen met een factor 2 of 6 dB per octaaf.

Deel 3 van de kromme is het gedeelte van de hogere frequenties. De stijging verandert hier langzamerhand in een daling van 6 dB en later van 12 dB per octaaf.

Het gebied van de laagste frequenties, deel 1 van de kromme, is het gebied waar de karakteristiek 12 dB per octaaf stijgt. Bij de zeer lage frequenties komt de opgetekende golflengte ongeveer overeen met de contactlengte tussen band en weergeefkop.

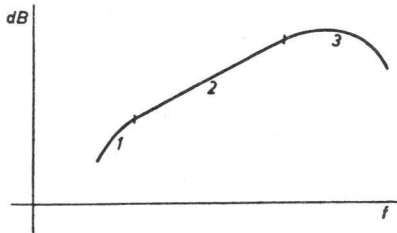


Fig. 103. Het verband tussen de frequentie f op de band en de spanning U die de weergeefkop afgeeft. Deel 1 stijgt 12 dB per octaaf, deel 2 stijgt 6 dB per octaaf, deel 3 daalt tot 12 dB per octaaf.

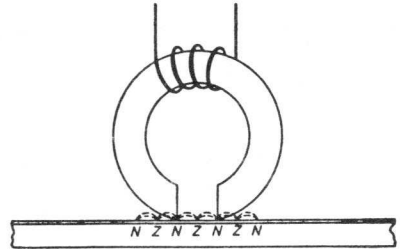


Fig. 104. Een weergeefkop met een spleetbreedte gelijk aan de geregistreerde golflengte. Gevolg: geen weergave.

In de meeste recorders voor huisgebruik vindt men voor het opnemen en weergeven een en dezelfde kop, die zich echter in zijn beide functies verschillend gedraagt. Wij hebben al opgemerkt dat de spleetbreedte van de opneemkop betrekkelijk weinig invloed heeft op de frequentiekarakteristiek, maar die van de weergeefkop des te meer. Dit wordt duidelijk bij het beschouwen van Fig. 105, waarin de verliezen ten gevolge van de breedte van de spleet zijn uitgezet. Deze zijn gelijk aan

$$20 \log \left(\sin \frac{\pi l}{\lambda} : \frac{\pi l}{\lambda} \right);$$

waarin l = spleetbreedte en λ = golflengte op het band. Wij zien dat, zodra $\frac{l}{\lambda} = 1$ is geworden — dus wanneer de golflengte gelijk is geworden aan de spleetbreedte — er geen spanning meer in de kop wordt opgewekt (Fig. 104).

Indien de spleetbreedte 7μ bedraagt, zal het spleetverlies bij 14 000 Hz en 19 cm/s 4 dB bedragen, aangezien de golflengte dan 14μ is. Het afvallen van deel 3 van de kromme uit Fig. 103 wordt veroorzaakt door bovengenoemde spleetverliezen, de verliezen ten gevolge van de laagdikte (zie pag. 52) en de demagnetiseringsverliezen (zie pag. 57).

Wij geven deze verliezen in Fig. 106 nog eens afzonderlijk aan. Er zijn nog enkele kleine verliezen, die wij gevoeglijk kunnen verwaarlozen (wervelstroomverliezen van ca. 1 dB bij 14 000 Hz, en verliezen veroorzaakt door het contact tussen kop en band).

Uit het vorenstaande volgt dat het frequentiegebied afhankelijk is van de bandsnelheid. Wordt deze snelheid tweemaal zo klein, dan verschuiven de verliezen ook naar een tweemaal zo lage frequentie. Fig. 107 laat de weergeefcorrecties zien voor bandsnelheden van 19 — 9,5 — 4,75 cm/s.

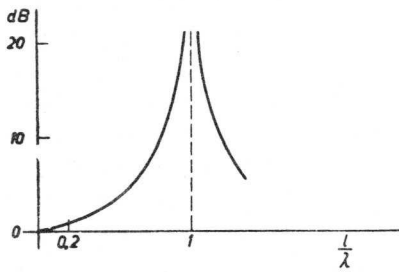


Fig. 105. Grafische voorstelling van het verband tussen de spleetbreedte gedeeld door de golflengte $\frac{l}{\lambda}$ en de afgegeven spanning aan de weergeefkop in dB. Zodra $\frac{l}{\lambda}$ is 1, wordt de afgegeven spanning nul.

Willen wij tot een rechte weergeefkarakteristiek komen, dan moeten wij deze correcties in de weergeefversterker aanbrengen. Om zo min mogelijk geruis bij het weergeven te krijgen, is het gewenst de correctie zoveel mogelijk in de opneemversterker aan te brengen. Wij moeten er echter voor zorgen dat de polen van de opneemkop niet verzadigd worden en dat evenmin het band verzadigd raakt, waardoor vervorming zou optreden. De correctie van de 6 dB per octaaf moet echter in de weergeefversterker geschieden.

Er bestaat een commissie van vertegenwoordigers van de radio-omroepen en fabrikanten van recorders en band, de CCIR (Comité Consultatif International de Radiocommunication), die zich bezig houdt met het opstellen van aanbevelingen op het gebied van registraties. Zo stelt zij voor dat de correctie van de weergeefversterker een bepaalde waarde moet hebben, afhankelijk van de bandsnelheid, en waarbij moet worden opgeteld de correctie die de kopverliezen (spleet- en wervelstroomverliezen) moet compenseren. Zij stelt vast dat deze correctie verkregen behoort te worden door middel van een combinatie van een weerstand en een condensator die bij 19 cm/s bandsnelheid een tijdconstante van 100 microseconden, bij 9,5 cm/s 200 microseconden en bij 4,75 cm/s 400 microseconden heeft. De tijdconstante is $T = R \times C$ waarbij R in ohm en C in farad.

In de opneemversterker worden gecompenseerd de demagnetiserings-

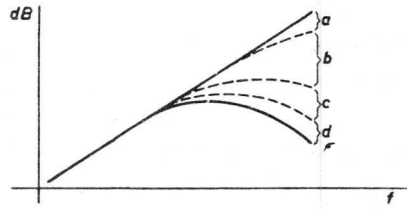


Fig. 106. De totale verliezen in hoge tonen van het weergeefproces kunnen worden verdeeld in: a. ijzerverliezen, b. demagnetisatieverliezen, c. kop-band contactverliezen, d. spleetbreedte verliezen.

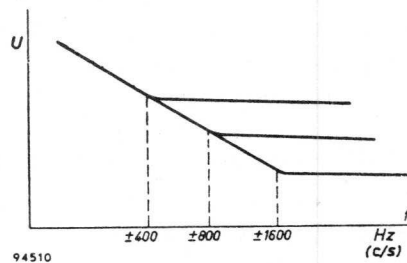


Fig. 107. Correcties in de spanning die nodig zijn om een rechte weergeefkarakteristiek te verkrijgen bij 4,75, 9,5 en 19 cm/s bandsnelheid.

verliezen, de laagdikteverliezen en de wervelstroomverliezen van de opneemkop. Ook de voormagnetisatiestroom heeft invloed op de hogetonen-registratie.

In Hoofdstuk VI hebben wij al gezien welke de invloed van de voormagnetisatiestroom is op de niet-lineaire magnetisatiekromme. We zullen nu nagaan hoe wij de voormagnetisatiestroom moeten instellen voor een bepaald soort band. Uit Fig. 49 bleek reeds dat, indien de voormagnetisatiestroom langzaam wordt verhoogd, de gevoeligheid van het band eerst toeneemt en de vervorming afneemt; nadat een maximum aan gevoeligheid is bereikt, neemt de gevoeligheid weer af, en de vervorming, na een minimum te hebben bereikt, neemt toe.

Aangezien de magnetische eigenschappen van verschillende soorten band enigszins uiteenlopen, zal voor het verkrijgen van optimale eigenschappen ook de voormagnetisatiestroom voor elk band eigenlijk anders moeten worden ingesteld. Een bepaalde stroomsterkte is niet voor te schrijven, omdat het voormagnetisatieveld bepalend is en het veld afhankelijk is van de elektrische eigenschappen van de opneemkop. De stroom is afhankelijk van de spleetbreedte, de ijzerweerstand, de wervelstroomverliezen en de capacatieve verliezen van de wikkelingen.

Het instellen van de v.m.-stroom voor een bepaalde soort band

Om de juiste instelling van de voormagnetisatiestroom te vinden, moet men een serie metingen doen, en wel zo dat bij elke volgende meting de stroom iets hoger wordt ingesteld. Er moet dan een stroom worden gevonden waarbij de weergave sterkte van de band zo groot mogelijk wordt, terwijl de vervorming in de buurt van 3 % moet liggen en de dynamiek maximaal moet zijn. Dynamiek is verhouding tussen weergeefsignaal met 3 % vervorming en geruissignaal, dus zonder modulatie. Het band wordt voor deze meting gemoduleerd met 1000 Hz.

Aan de uitgang van de weergeefversterker sluit men een voltmeter en een distorsiemeter aan. De maximale gevoeligheid van het band is eenvoudig te bepalen door ongeveer 30 % modulatie toe te passen (magisch oog van de recorder slechts $\frac{1}{3}$ geopend), en daarna de voormagnetisatiestroom van zeer lang af langzaam op te voeren. De voltmeter zal dan eerst langzaam oplopen en daarna terug. Zodra de maximale uitslag bereikt is, wordt de v.m.-stroom niet meer veranderd. Nu wordt de modulatiediepte opgevoerd tot de distorsiemeter 3 % vervorming aanwijst. De uitslag van de voltmeter wordt vervolgens afgelezen. Daarna sluit men de ingang van de opneemversterker kort, zodat geen signaal meer aan de recorder wordt toegevoegd. Men leest vervolgens de voltmeter weer af, zonder natuurlijk aan de volumeregelaar van de weergeef-

versterker te hebben gedraaid. De beide aflezingen van de voltmeter worden op elkaar gedeeld.

Was de uitslag bij een signaal met 3 % vervorming, bijvoorbeeld 3 V, en bij kortgesloten ingang 9 mV, dan is de dynamiek $20 \log \frac{9}{3000} =$

-50 dB. Wij herhalen deze metingen achtereenvolgens met wat meer en wat minder v.m.-stroom. Zodra wij een maximale dynamiek vinden, zal de v.m.-stroom goed zijn ingesteld. We noemen deze instelling de optimale magnetisatiestroom. Het blijkt bij deze metingen dat de gevoeligheid van het band betrekkelijk vlak verloopt; de vervorming bij lagere v.m.-stromen dan de optimale loopt snel op, en bij hogere stromen langzaam.

In de praktijk zal de sterkte van de v.m.-stroom met de plaatselijke netspanningsschommelingen op en neer gaan. Om nu bij een lage netspanning niet het gevaar te lopen dat de opname wordt vervormd wanneer de modulatie volgens de modulatie-indicator wordt volgestuurd, kiest men de v.m.-stroom zoveel hoger, dat de gevoeligheid van het band ongeveer 20 % lager ligt dan bij de optimale v.m.-stroom. We noemen dit de *gunstigste voormagnetisatiestroom*.

Wanneer de gunstigste v.m.-stroom is gevonden, kan men overgaan tot het instellen van de opneemkarakteristiek. Dit zal nader besproken worden bij de opneemversterker. Het is van belang dat de v.m.-stroom zuiver sinusvormig is en vooral geen gelijkstroomcomponent bevat. Gelijkstroom in de v.m.-stroom veroorzaakt extra geruis, en vervormde stroom kan gemakkelijk aanleiding geven tot vervormde registratie van het geluidssignaal.

Indien verschillende soorten band op hun magnetische eigenschappen vergeleken worden, moet men oppassen uit de metingen geen verkeerde conclusies te trekken. Wanneer b.v. een recorder is ingesteld voor een bepaald soort band en men meet nu andere banden op deze recorder, dan kan het zijn dat de gunstigste v.m.-stroom te laag is ingesteld met het oog op vervorming of dynamiek. Aangezien het meten van de frequentiekarakteristiek kan geschieden met behulp van een paar eenvoudige instrumenten, nl. een toongenerator en een elektronische voltmeter, zal voor menigeen, en ook voor een servicedealer, vaak de aanschaf van een vervormingsmeter wegens de hoge $\frac{1}{2}$ prijs geen dringende propositie zijn. Neemt men nu met een te lage v.m.-stroom de frequentiekarakteristiek op, dan zal een teveel aan hoge tonen worden gemeten.

Fig. 108 toont drie frequentiekarakteristieken: w. met te weinig, n. met de juiste en v. met te hoge v.m.-stroom gemeten. De uitgangsterkteverschillen van het band zijn hierbij buiten beschouwing gelaten.

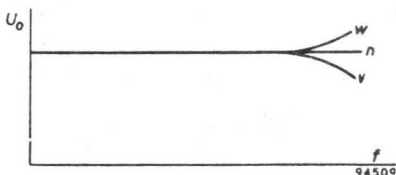


Fig. 108. Het verband tussen de geregistreerde frequentie f en de spanning u_0 van de weergave bij maximale voormagnetisatiestroom n , bij te weinig stroom w en bij te veel stroom v .

Fig. 109 geeft een magnetisatiekromme van een gemiddelde bandsoort. Uit de figuur lezen we af dat de coërcitie van het band ongeveer 24 kA/m bedraagt, de maximale remanentie 70×10^3 Wb/m, en dat de verzadiging wordt bereikt bij een veldsterkte van 80 kA/m.

Tweesporenregistratie.

Als bandbreedte is $\frac{1}{4}$ " (6,25 mm) genormaliseerd, waarop aanvankelijk over de volle breedte werd geregistreerd. Toen echter de kwaliteit van het band zoveel werd verbeterd dat het geruis beneden 40 dB kwam, heeft men nagegaan wat het gevolg zou zijn indien men ertoe overging slechts de halve bandbreedte te gebruiken, waardoor de mogelijkheid zou ontstaan

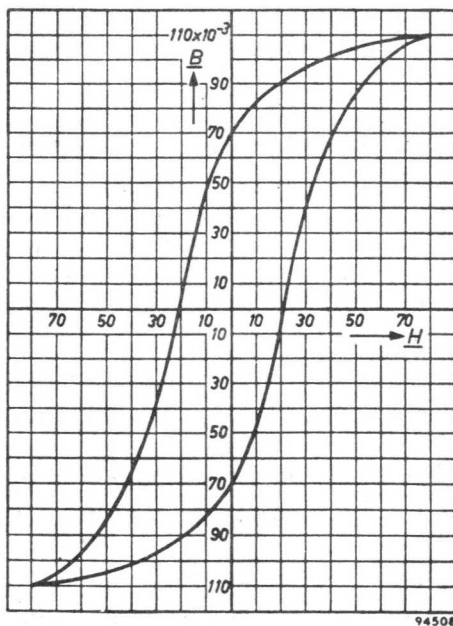


Fig. 109. Magnetisatiekromme van een gemiddelde bandsoort.

naast dit geluidsspoor nog een tweede op te tekenen, waardoor natuurlijk de speeltijd per band werd verdubbeld en dus de kostprijs per tijdseenheid praktisch werd gehalveerd. In de praktijk is gebleken dat men met een halve bandbreedte nog beneden 50 dB kan komen.

Een moeilijkheid is echter het gebrom. De kopwikkelingen zullen in de weergeefstand het strooiveld van motoren en transformatoren gemakkelijk „oppikken”. Betere afscherming van de kop werd noodzakelijk toen men het aantal wikkelingen op de kop tot een praktisch maximum ging opvoeren, en men bereikt momenteel een stoorniveau van ongeveer -45 dB ten opzichte van volle modulatie, wat zeer acceptabel is. Van deze -45 dB is echter nog steeds een flink gedeelte gebrom, maar ons gehoor is weinig gevoelig voor dit geluid op laag niveau. Brengen wij deze ongevoeligheid van het oor voor lage tonen in rekening, dan wordt het stoorniveau ongeveer -55 dB ten opzichte van volle modulatie.

Fig. 110 laat zien hoe de stand van de koppen is. Het blijkt hieruit dat de wiskop iets breder is dan de weergeefkop, en dat de afstand tussen twee sporen ongeveer 0,3 mm bedraagt.

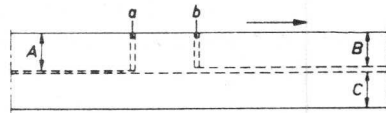


Fig. 110. Plaats van de sporen op een band. a. wiskop, b. opn./weerg. kop.

Een tweede voordeel van tweesporenregistratie is dat, wanneer gedurende het opnemen of weergeven van het eerste spoor het einde van een band bereikt is, men door eenvoudig omdraaien en verwisselen van de spoelen het opnemen of weergeven kan voortzetten. Na het einde van het tweede spoor krijgt men weer de aanvang van het eerste spoor aan het begin van de spoel. Het is dan dus niet nodig aan het einde van de band terug te wikkelen. Ook stereofonische opnamen zijn door het invoeren van het tweesporensysteem mogelijk geworden. Hiervoor worden echter tegelijkertijd twee sporen naast elkaar opgenomen, zodat de verdubbelde speeltijd is komen te vervallen.

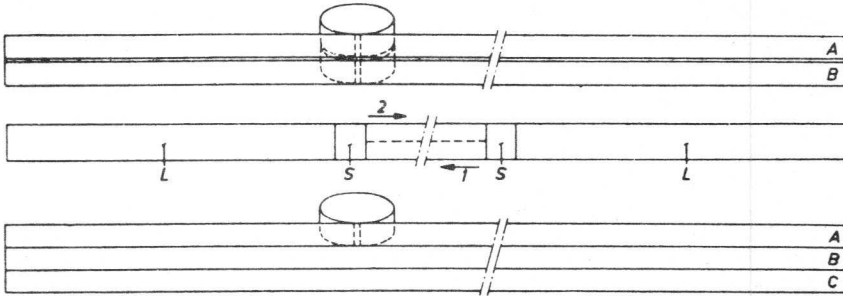


Fig. 111. Drie verschillende registratiemethoden. Boven: stereofonische registratie. Midden: normale tweesporenregistratie. Onder: meersporenregistratie met één kop; de band loopt dan afwisselend van links naar rechts, terwijl de kop bij elke wisseling over een spoorbreedte wordt geplaatst.

Uit het vorenstaande volgt duidelijk dat tweesporenband normaal band is waarop men twee sporen heeft geregistreerd.

Vier sporen registratie

Door Ampex en de Radio Corporation of America (RCA) werd medio 1958 een „4-sporen techniek” geannonceerd, die door de meeste Amerikaanse en Europese recorderfabrikanten zal worden overgenomen.

Men maakt hierbij gebruik van een cassette met 180 m langspeelband, waardoor de tot nu toe gangbare spoelen komen te vervallen. Op deze band kan bij normale opname 4 sporen worden geregistreerd, afwisselend van links naar rechts, of indien stereofonische opnamen worden gemaakt 2 sporen naar links en 2 sporen naar rechts.

Een dergelijke cassette kan dan bij 9.5 cm bandsnelheid per seconde,

$4 \times \frac{1}{2}$ uur monorale opname bevatten of $2 \times \frac{1}{2}$ uur stereofonische muziek. Het frequentiebereik zal 15 000 Hz bedragen en de ruis zal beneden 40 dB liggen terwijl de recorders geschikt zullen zijn voor monorale opname en stereofonische weergave eventueel ook met stereofonische opname mogelijkheid.

Door deze techniek wordt de prijs van de band per minuut speeltijd twee maal zo laag als bij de normale 2 sporen techniek, terwijl de cassette het terugspoelen van de band en het voor veel mensen nog wat lastige „inleggen” van de band wordt vermeden.

Verscheidene gramfoonplatenfabrikanten zullen cassettes met stereofonische muziek in de handel gaan brengen tegen een aantrekkelijke prijs waardoor deze cassettes kunnen concurreren met stereofonische gramfoonplaten.

De meeste fabrikanten van recorders brengen momenteel normale spoelen recorders met 4-sporen techniek in de handel. Een 4-sporen recorder heeft een magneetkop met twee magneetsystemen boven elkaar op een kwart-band breedte van elkaar. Met behulp van een schakelaar kan het bovenste magneetsysteem ingeschakeld worden waarna spoor 1 en 4 opgenomen kunnen worden. Door het omschakelen op het tweede magneetsysteem kunnen nu nogmaals twee sporen op de band worden opgenomen namelijk spoor 3 en 2 (fig. 111A). Bij het opnemen van stereofonisch geluid wordt elk magneetsysteem van de magneetkop aan zijn eigen versterker aangesloten en kan men achtereenvolgens twee geluidsporen tegelijk in beide richtingen op de band opnemen. In de ene richting lopen dan sporen 1 en 3 en in de andere richting de sporen 2 en 4 (fig. 111B).

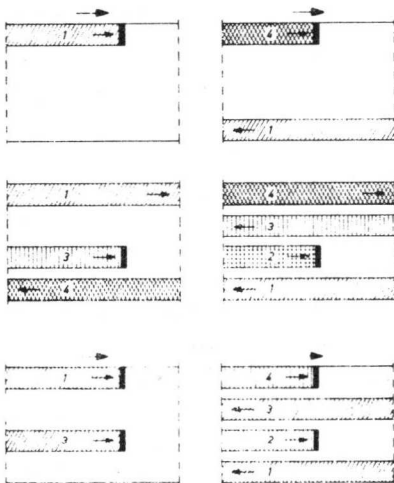


Fig.111A. Het ontstaan van de 4-sporen bij de 4-sporen registratie. Eén magneetsysteem tegelijk in gebruik. De volgorde van registratie is als volgt :

- a. Spoor 1 opnemen, daarna spoelen omwisselen.
- b. Spoor 4 opnemen, daarna spoelen omwisselen en 2e kopheft inschakelen.
- c. Spoor 3 opnemen, daarna spoelen omwisselen
- d. Spoor 2 opnemen

Fig. 111B Het ontstaan van 4-sporen stereo-registratie. Beide magneetsystemen tegelijk in gebruik.

- a. Spoor 1 en 3 opnemen (spoelen omwisselen)
- b. Spoor 4 en 2 opnemen.

XI. HET VERSTERKERGEDEELTE

Bij recorders heeft men twee versterkers nodig: één voor het opnemen en een voor het weergeven. Bij het versterkergeedeelte rekent men voorts nog de hoogfrequentie-oscillator, de modulatie-indicator en het voedingsgeedeelte.

De opneemversterker

De taak van de opneemversterker is, de elektrische spanningen, afkomstig van microfoon, pick-up of radio-ontvanger, te versterken en op een geschikte wijze gemengd met de vereiste voormagnetiseringsstroom, naar de opneemkop te voeren.

Hierbij zal men op de beste manier van het band gebruik maken indien in de sterkste passages van het geluid de als maximum toelaatbare magnetisering in het band plaats heeft. Immers, alleen dan zal de verhouding tussen geruis en gebrom en het gewenste signaal zo klein mogelijk zijn.

Maximale magnetisering van het band wordt bereikt wanneer de harmonische vervorming van de magnetisering 2—3 % bereikt. Zowel in de weergeef- als in de opneemversterker moeten voor het verkrijgen van een rechte frequentiewaergave correcties worden toegepast. Deze correcties dienen om de verliezen in de koppen en het band op te heffen.

Het corrigeren van het demagnetiseringsverschijnsel in het band en van de verliezen in de opneemkop moeten zoveel mogelijk in de opneemversterker geschieden. Men dient er hierbij op te letten dat het band niet in verzadiging komt of bij de lagere frequenties onvoldoende wordt

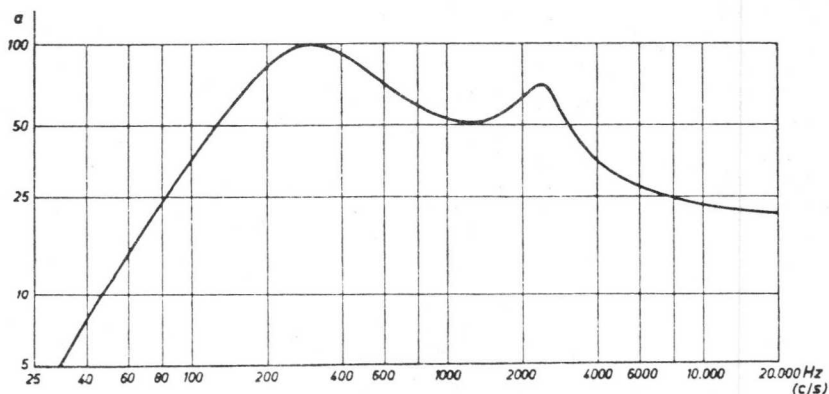


Fig. 112. De gemiddelde verhouding tussen de amplitude van de tonen in normale muziek- en spraakweergave.

benut, waardoor bij het weergeven geruis zou ontstaan. Bij 10 000 Hz kan men ten hoogste 10 dB ophalen, waarbij rekening is gehouden met het feit dat de hogere frequenties in muziek en spraak in mindere mate voorkomen dan de lage (Fig. 112).

De voor dit doel bestemde correctiefilters zijn voor elke bandsnelheid verschillend en zijn afhankelijk van het soort band dat men bij de recorder aanbeveelt. Het is ongetwijfeld duidelijk dat de correctie in direct verband staat met de bandsnelheid, omdat de golflengte op het band bij een gehalveerde snelheid tweemaal zo klein wordt, waardoor de demagnetiseringsinvloed een octaaf lager komt te liggen. Hierdoor wordt de hoogste te registreren frequentie ook kleiner, wat mede te wijten is aan de invloed veroorzaakt door de verhouding tussen de spleetbreedte van de weergeefkop en de golflengte.

Wil men geraken tot een constante magnetisering in het band, onafhankelijk van de frequentie, dan moet de stroom door de opneemkop constant zijn. Aangezien de spoel van de kop een zelfinductie is, moet hij worden aangesloten op een stroombron die bij de hoogste te registreren frequentie een hoge inwendige weerstand heeft ten opzichte van de impedantie van de kop. Dit bereikt men gewoonlijk door de kop te verbinden met een pentodebuis, al of niet via een transformator, hetgeen wordt bepaald door de vraag of de kop een hoge of een lage impedantie heeft.

Het correctiefilter komt op een geschikte plaats vóór de eindbuis en wordt in populaire recorders meestal met de schakelaar voor de bandsnelheid gecombineerd, zodat het filter automatisch bij de snelheid wordt aangepast. Het schema van Fig. 113 toont een opneemversterker met de filters voor correctie van de hoge tonen bij een bandsnelheid van 9,5 of

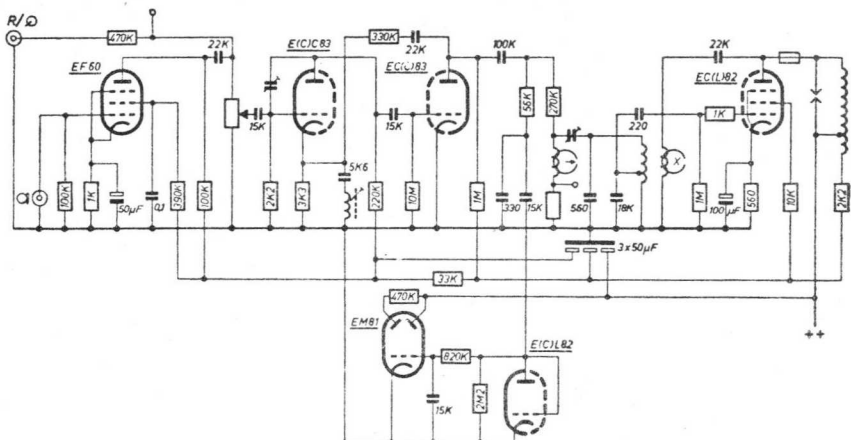


Fig. 113. Vereenvoudigd schema van een opneemversterker met een EM 81 buis als modulatie-indicator.

19 cm/s. In Fig. 114 ziet men de stroom-frequentie karakteristiek door de opneemkop.

De opneemversterker bestaat uit een voorversterker die dient om het zwakke signaal dat de microfoon afgeeft (ca. 3 mV bij een microfoon met hoge, en ca. 0,3 mV bij een microfoon met lage impedantie) te versterken. De eerste versterkbuis moet vrij van geruis en gebrom zijn. Gebruikt men een microfoon met hoge impedantie, dan kan deze direct met het rooster van deze buis worden verbonden. Bij gebruik van een microfoon met lage impedantie, die een signaal van ongeveer 0,3 mV afgeeft, zal de voor-versterktrap tien maal meer moeten versterken, waardoor het eigen geruis van de buis tien maal zo sterk wordt, hetgeen ontoelaatbaar is. In dit geval moet men een ingangstransformator gebruiken die het signaal tenminste tien maal optransformeert. Deze transformator heeft een goede afscherming tegen strooivelden nodig, om het niveau van het gebrom laag genoeg te houden (zie magnetische koppen, blz. 86).

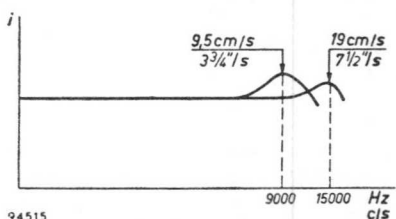


Fig. 114. De stroom i door de opneemkop als functie van de frequentie bij 9,5 cm/s en 19 cm/s bandsnelheid. De aangegeven correcties dienen in dit geval uitsluitend voor het corrigeren van de ijzerverliezen en de spleetverliezen.

Soms past men een snoer-transformator toe. De microfoontransformator is dan met afscherming en al aangebracht in een snoer, dat met stekers tussen het microfoonkabeltje en de ingangstekker van de recorder kan worden aangesloten.

Bij sommige recorders wordt via gewenste spanningsdelers en keuzeschakelaars ook de radio- of pick-up aansluiting verbonden. Achter de eerste versterktrap brengt men vaak de volumeregelaar aan, en tevens de ingangen voor radio of pick-up. Hierna volgt een versterkergedeelte waarin de vereiste opnamecorrecties zijn aangebracht, en tot slot de buis waarop de opneemkop is aangesloten.

De weergeefversterker

De functie van deze versterker is, de spanningen die gedurende het weergeven in de spoel van de weergeefkop worden opgewekt te versterken, te corrigeren tot een rechte weergavekarakteristiek, en ze ten slotte in een eindtrap of krachtversterker aan te passen aan de luidspreker.

Deze versterker is meestal voorzien van een volumeregelaar en van een of meer klankkleurregelaars, met behulp waarvan de hoge en de lage tonen kunnen worden verzwakt of versterkt.

Het signaal dat de weergeefkop produceert bedraagt ongeveer 0,5 mV bij 50 Hz en neemt evenredig met de frequentie toe. Bij 15 000 Hz bedraagt deze spanning, indien er geen verliezen zouden optreden, $\frac{15\ 000}{50} \times$

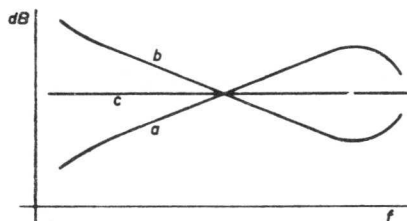


Fig. 115. Compensatie van de weergee-verliezen. a. Opbrengst van de band zonder correctie. b. Compensatiekromme van de weergeefversterker. c. Gecom-penseerde weergave.

0,5 mV = 150 mV. In de hoofd-stukken over band en kop hebben wij gezien dat voor het verkrijgen van een lineaire weergave een filter nodig is dat de hoge tonen afsnijdt volgens een lijn die een spiegelbeeld is van de spanning die de kop afgeeft. In Fig. 115 zien wij de spanning die door de weergeefkop wordt afgegeven, en de afhankelijkheid van de weergeefversterker van de frequentie, die zodanig is dat een

rechte karakteristiek wordt verkregen. Deze correctie is ook weer afhankelijk van de bandsnelheid en is voor verschillende bandsnelheden bij de 2-sporen techniek internationaal vastgelegd (Fig. 116).

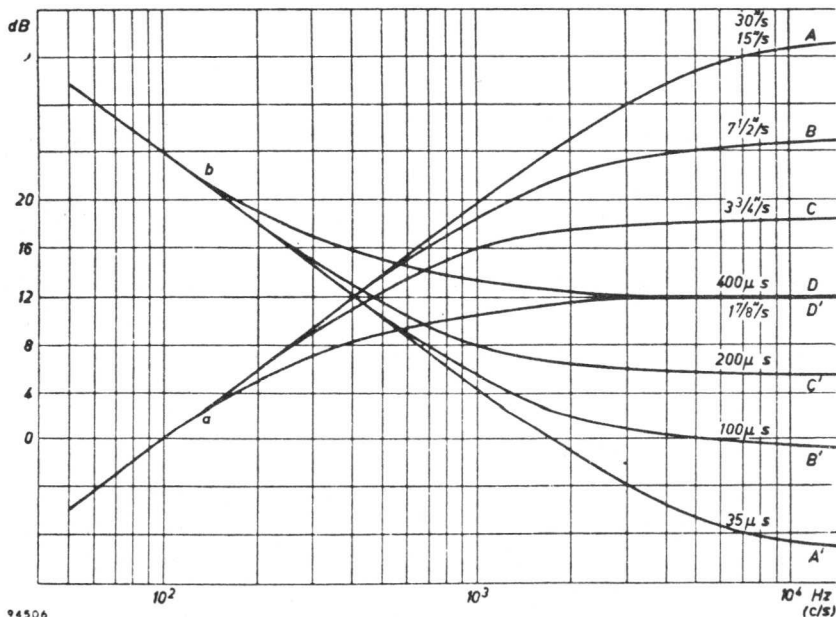


Fig. 116. Internationaal vastgestelde weergavecorrecties bij 4,75 cm/s ($17\frac{7}{8}$ "/s), 9,5 cm/s ($3\frac{3}{4}$ "/s) en 19 cm/s ($7\frac{1}{2}$ "/s) bandsnelheid.

Zo is voor 19 cm/s de correctie 100 microseconden,
 voor 9,5 cm/s de correctie 200 microseconden,
 voor 4,75 cm/s de correctie 400 microseconden.

Bij de 4-sporen techniek zijn deze correcties respectievelijk 50, 120 en 240 micro seconden.

Dit wil zeggen dat het correctiefilter moet zijn opgebouwd uit een weerstand en een condensator met een zodanige waarde dat het product van de R en de C gelijk is aan de voorgeschreven tijden; dus $T = R \cdot C$, waarin R in ohm en C in farad.

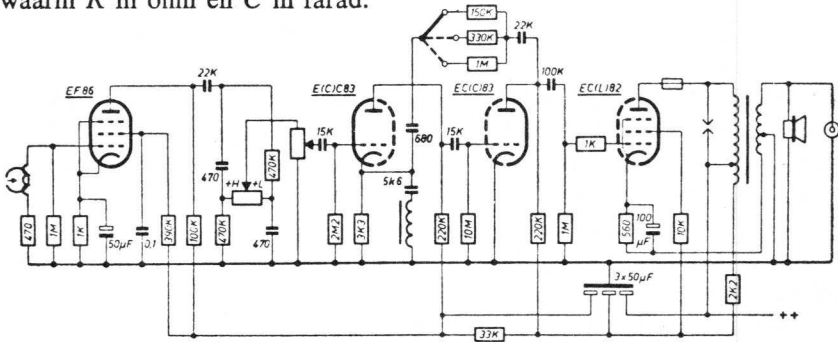


Fig. 117. Weergeefversterker voor drie bandsnelheden. Tussen de beide triode-delen van de ECC 83 is de RC-correctie aangebracht.

Het schema van Fig. 117 toont een weergeefversterker waarin deze correctiefilters voor de drie snelheden duidelijk te zien zijn. Om de spleet-, kop- en een gedeelte van de demagnetiseringsverliezen in het band te compenseren, is een extra correctielid aangebracht, dat is samengesteld uit een weerstand, een condensator en een smoorspoel. Dank zij deze combinatie kan de sterk toenemende correctie bij de hoge frequenties worden bereikt.

Zoals wij bij de opneemkop al hebben vermeld, kan de weergeefversterker gecontroleerd en eventueel gecorrigeerd worden met in de handel verkrijgbare standaard-frequentiebanden.

Gecombineerde opneem- en weergeefversterker

Om begrijpelijke economische redenen maakt men gedurende het opnemen en weergeven gebruik van dezelfde versterkeronderdelen. Met behulp van gecompliceerde schakelaars worden de verschillende versterker-elementen telkens in de juiste volgorde geschakeld, zodat er een minimum aan onderdelen nodig is. In de Fig. 113 en 117, zien wij onderandere dat de opneem-weergeefkop bij het weergeven de plaats van de microfoon inneemt. De voor het weergeven vereiste eindtrap doet, in het geval dat de versterker voor opnemen is geschakeld, dienst als oscillator.

De modulatie-indicator

Deze indicator helpt voorkomen dat het band magnetisch wordt overbelast, waardoor bij het weergeven vervorming zou ontstaan. Met behulp hiervan meten wij als het ware de stroom die door de opneemkop gaat. Is de stroom maximaal, dan spreekt men van volle of 100 % modulatie.

Meestal past men voor dit doel een magisch oog toe. De oplichtende segmenten bewegen zich naar elkaar toe wanneer de opneemversterker een signaal ontvangt.

Zodra de volle modulatie wordt bereikt, dienen deze segmenten elkaar te raken. Een veel voorkomende schakeling vindt men in Fig. 113. Het voordeel van dit soort indicatoren boven een wijzerinstrument is dat zij zonder traagheid reageren en dus een zeer betrouwbare aanwijzing geven. Met behulp van een gelijkrichter en een RC-tijdsvertraging wordt de aanwijzing aanmerkelijk rustiger. Een enkele keer ziet men ook wel andere „magische” indicatoren, neonlampjes of meetinstrumentjes.

De hf oscillator

De hoogfrequentievoormagnetiserings- en wistroom worden meestal door een enkele oscillatorunit opgewekt. Deze bestaat doorgaans uit één buis (EL 42, EL 82, of EL 84) en soms, bij duurdere recorders, uit twee buizen of één buis met twee systemen, als de ECC 82. De energie die voor het wisselen nodig is bedraagt ongeveer 3 W. De frequentie kan tussen 45 en 90 kHz variëren. De oscillator moet een symmetrische hf stroom door de wis- en opneemkop verzorgen. Dit wil zeggen dat vooral de even harmonischen niet mogen voorkomen, omdat deze een geruis in het band kunnen opwekken. Oscillatoren die met een enkele buis werken hebben gauwer neiging tot het vormen van onsymmetrische

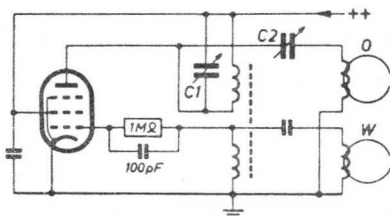


Fig. 118. Hoogfrequentieoscillator met afgestemde hoogfrequentiespoel.

frequenties dan die met twee buizen in push-pull schakeling. Dank zij goede oscillatorspoelen en een juiste schakeling, kunnen de oscillatoren met één buis toch uitstekende resultaten geven. De oscillator berust gewoonlijk op het driepuntsprincipe. Een oscillatorkring met één buis en één oscillatorspoel vindt men in Fig. 118.

De weerstand van 1 MΩ, overbrugd door 100 pF, dient om de harmonischen te onderdrukken. Met condensator C_2 kan de voormagnetiseringsstroom door de opneemkop worden ingesteld. C_1 dient voor het instellen van de frequentie. In het schema van Fig. 119 is de wiskop

voorzien van een speciale wikkeling, zodat de oscillatorspoel kan vervallen. Een eis hiervoor is dat de wiskop een verliesvrije kern heeft. Doordat de kern in dit geval van ferroxcube is gemaakt, is aan deze eis voldaan. C_1 bepaalt weer de oscillatorfrequentie, en C_2 regelt de stroom door de opneemkop O. W is de wiskop en tevens de oscillatorspoel. De condensator C_2 zorgt ervoor dat de roosterstroom niet door de kop-

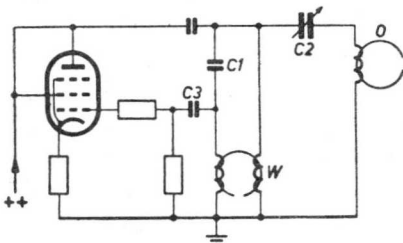


Fig. 119. Hoogfrequentieoscillator waarbij de wiskop als oscillatorspoel fungeert.

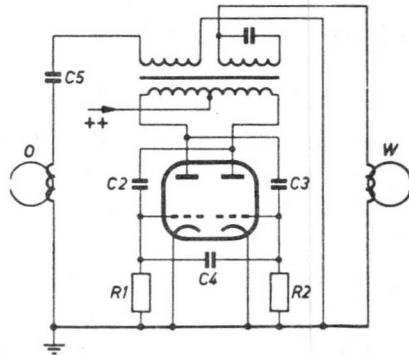


Fig. 120. Hoogfrequentieoscillator met buizen in push-pull schakeling.

wikkeling wordt afgevoerd. In Fig. 120 ziet men een oscillator met een dubbele triode ECC 82 in balansschakeling. C_1 bepaalt met de zelf-inductie van de transformator en die van de wiskop de oscillatorfrequentie. C_2 , C_3 en C_4 vormen een spanningsdeler die de mate van oscillatie bepaalt. C_5 is bepalend voor de sterkte van de voormagnetiseringsstroom door O. Over de weerstanden R_1 en R_2 ontstaat ten gevolge van de roosterstroom een negatieve rooster spanning. Het voordeel van een dergelijke oscillator is dus dat de even harmonischen, die een gelijkstroom veroorzaken, niet kunnen voorkomen.

Het voedingsgedeelte

Het voedingsgedeelte van een recorder moet de netspanning geschikt maken voor de versterkers en de motoren van het mechanisme. Via speciale schakelingen wordt de motorspanning afgetakt van de primaire zijde van de voedingstransformator, die hierbij als auto-transformator fungeert. Als gelijkrichter kan zowel een buis als seleniumcel worden gebruikt.

XII. LUIDSPREKERS

Wat normaal als luidspreker wordt aangeduid, is meestal een combinatie van een luidsprekersysteem met een klankbord of klankkast.

Om een goede geluidswaergave te bereiken – d.w.z. een geluidswaergave die de lage en de hoge tonen, alsook de tonen uit het gebied hiertussen zonder lineaire en niet-lineaire vervorming waergeeft – heeft men zowel een goed luidsprekersysteem als een goed klankbord of goede klankkast nodig.

Het luidsprekersysteem kan van velerlei constructie zijn. Zo zijn er o.a. kristal-, elektromagnetische-, elektrodynamische-, condensator-luidsprekers en luidsprekers die het geluid produceren met behulp van

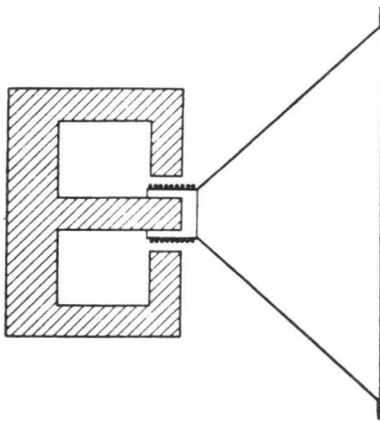


Fig. 121. Principetekening van een elektrodynamische luidspreker.

ionen. We zullen ons hoofdzakelijk beperken tot de elektrodynamische luidsprekers, omdat deze het meest voorkomen. Het systeem van een elektrodynamische luidspreker bestaat uit een sterke permanente magneet met tussen de noord- en de zuidpool een cirkelvormige spleet (Fig. 121). In de spleet is een sterk magnetisch veld van de orde van grootte van 1 Wb/m^2 aanwezig, en er bevindt zich een spoel van koperdraad in die is verbonden met een papieren konus. Door de spoel wordt wisselstroom gestuurd, die

van een versterker komt. Met de wisselingen van de stroom gaat de spoel heen en weer en zo beweegt ook de konus. Deze brengt aldus de lucht in trilling evenredig met het ritme en de sterkte van de stroomwisselingen. De kracht die door de spoel op de konus wordt uitgeoefend bedraagt $F = i \cdot l \cdot B$, waarin:

F = kracht van de spoel in N,

B = inductie om de spoel in Wb/m^2 ,

i = stroom door de spoel in A,

l = lengte van de draad op de spoel in m.

Indien de spoel zich in een homogeen veld beweegt, zal de kracht evenredig zijn met de stroom.

Van de grootte van de luidspreker en van de vorm van de konus en de sterkte van het magneetveld hangt het af hoe de lage en de hoge tonen

worden weergegeven en hoe hoog het rendement is, dit wil zeggen: of de luidspreker bij een bepaalde wisselstroom veel of weinig geluid geeft. Het rendement varieert in de praktijk tussen $1\frac{1}{2}$ en 3 % bij kleine luidsprekers en tussen 10 en 15 % bij grote. De konusdiameter van luidsprekers kan zeer veel uiteenlopen (van enkele centimeters tot 30 cm en meer). Hoe groter de konusdiameter, des te groter zal de hoeveelheid lucht zijn die in trilling wordt gebracht, en des te lager zal de laagste toon zijn die nog kan worden geproduceerd. Ook neemt meestal het vermogen dat de luidspreker af kan geven met zijn diameter toe.

Indien men een luidspreker wenst aan te sluiten aan een versterker, dient men te kennen:

1. de impedantie van de luidspreker en van de versterkeruitgang;
2. het vermogen dat de versterker kan leveren, en het vermogen van de luidspreker.

De impedantie van de luidspreker wordt bepaald door de dikte van de draad van de luidsprekerspoel en het aantal windingen van deze. Zij is soms zeer verschillend; veel voorkomende waarden zijn: 3 — 5 — 10 — 15 — 20 en 800 Ω .

Het is in het algemeen gewenst een luidspreker te kiezen waarvan de impedantie zo goed mogelijk past bij de vereiste impedantie van de versterker. Verkeerde aanpassing kan leiden tot vervorming en slechte weergave van lage tonen. De meeste recorderfabrikanten geven nauwkeurig op welke impedantie men op de extra luidsprekeruitgang van een recorder moet aansluiten om een zo goed mogelijk resultaat te bereiken.

Behalve de impedantie is ook het vermogen zeer belangrijk, omdat men, indien een luidspreker van klein vermogen wordt aangesloten aan een versterker die een groot vermogen kan leveren, kans loopt dat de luidspreker wordt overbelast en defekt raakt.

De laagste tonen die een luidsprekersysteem kan weergeven zijn evenredig met zijn diameter. Een konus met grote diameter kan dus lagere tonen weergeven dan een konus met kleine diameter. Men kan zeggen dat de laagste toon die een los luidsprekersysteem kan weergeven ongeveer overeenstemt met een golflengte van 1,6 maal de diameter van de konus. Men noemt dit de afsnijfrequentie. Deze frequentie is bij verschillende konusdiameters als volgt:

4"	(10 cm)	2100 Hz
6"	(15 cm)	1200 Hz
8"	(20 cm)	1000 Hz
10"	(25 cm)	750 Hz
12"	(30 cm)	500 Hz

Om een goede lage-tonenweergave te bereiken moet de resonantiefrequentie van de luidspreker laag genoeg liggen, omdat beneden de eigen resonantie de sterkte van de geluidswaergave snel afneemt, nl. 12 dB per octaaf voor een luidspreker op een behoorlijk klankbord en 18 dB per octaaf zonder klankbord. De resonantie van het systeem is te vergelijken met de resonantie van andere geluidgevendende systemen, als stemvorken en snaren, en is afhankelijk van de massa van de spoel en de konus en van de stijfheid van het systeem. Omdat voor het weergeven van lage tonen een grotere amplitude nodig is dan voor het reproduceren van hoge tonen, moet het ontwerp zó zijn dat de konus een behoorlijke slag kan worden zonder vervorming te veroorzaken. Het klankbord heeft geen vlakke vorm te hebben; het kan zijn uitgevoerd in de vorm van een open kast, als bij een radiotoestel.

Invloed van een klankbord op de waergave

Door het luidsprekersysteem op een klankbord te monteren kan de lage-tonenwaergave aanmerkelijk worden verbeterd. Hierbij treedt echter een beperking op, die wordt veroorzaakt door de akoestische kortsluiting over

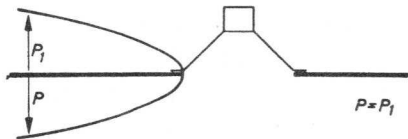


Fig. 122. Akoestische kortsluiting over de rand van een klankbord. Klankbord-breedte van konus tot rand is $\frac{1}{4}$ golf-lengte; resultaat: de drukgolf aan de rand van het bord is vóór positief en achter negatief (of omgekeerd) en even groot; het gevolg is dat deze toon niet wordt waergegeven.

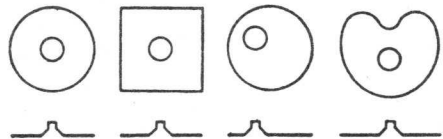


Fig. 123. Verschillende vormen van klankborden zonder scherpe kortsluiting van bepaalde tonen. Het ronde klankbord links geeft wel een scherpe afsnijding.

de rand van het klankbord (Fig. 122). Dit effect veroorzaakt een verzwakking van 6 dB per octaaf en komt overeen met een golflengte die gelijk is aan vier maal de kortste afstand tussen de konus en de rand. Wordt de luidspreker in het midden van een rond klankbord geplaatst, dan ontstaan bij elk veelvoud van de afsnijfrequentie kuilen in de frequentie-karakteristiek, waarvan de grootte kan worden verminderd door de luidspreker niet zuiver in het midden te plaatsen of door het klankbord niet rond te maken (Fig. 123).

In het algemeen moet de grootte van het klankbord zó worden gekozen dat de afsnijfrequentie lager ligt dan de resonantiefrequentie; maar zeer grote klankborden geven geen merkbaar betere resultaten dan wanneer op de juiste wijze aan het hierboven vereiste is voldaan.



Foto 19. Het opnemen van belangrijke telefoongesprekken met behulp van een recorder. Links aan de zijkant van het telefoontoestel bevindt zich een kleine van een zuignap voorziene telefoonspoel. Het inkomende, zowel als het uitgaande gesprek kan worden opgenomen door de telefoonspoel in plaats van de microfoon met de recorder te verbinden. Omgevingsgeluiden worden niet opgenomen.



Foto 20. Kristalmicrofoon. Frequentiebereik 50-10.000 Hz.



Foto 21. Elektrodynamische microfoon voor het maken van stereofonische opnamen. Deze microfoon is samengesteld uit twee super-cardioïde systemen.



Foto 22. Bandmicrofoon met frequentiebereik 30 - 10 000 Hz.

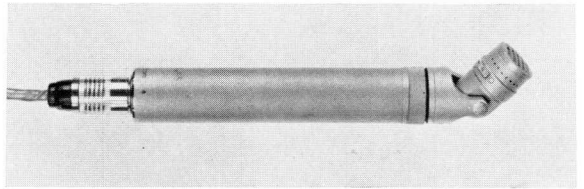


Foto 23. Condensatormicrofoon met ingebouwde voorversterker. Frequentiebereik 30 - 15 000 Hz.



Foto 24. Elektrodynamische microfoon met hypercardioïde karakteristiek. Frequentiebereik 60 - 10 000 Hz.

Invloed van de klankkast op de weergave

In de meeste magnetische recorderkasten is wegens plaatsgebrek en om redenen van economie een vrij kleine luidspreker aangebracht. Het klankbord dat ter beschikking staat is dan ook vrij klein, zodat van een goede lage-tonenweergave in het algemeen niet veel terecht komt. Om een goede weergave te verkrijgen, is het in dat geval raadzaam een tweede luidspreker aan te sluiten, die groter is en op een behoorlijk klankbord of in een goede klankkast is gemonteerd.

Door gebruik te maken van een geschikte gesloten kast, kan men in klein bestek goede resultaten bereiken. Men moet bij de constructie echter op het volgende letten:

Ten eerste moet de kast stevig zijn, zodat de wanden niet meetrillen.

Ten tweede moeten staande golven in de kast worden vermeden door het aanbrengen van geluidabsorberend materiaal op ongeveer 1 cm afstand van één van elk stel parallelle wanden.

Basreflexkast

Een basreflexkast is een gesloten luidsprekerkast die is voorzien van een opening of soms van een tunnel. De grondvorm van een dergelijke kast is in de akoestiek bekend als de Helmholtz resonator. De factoren die de resonantiefrequentie van de kast bepalen zijn:

1. Het volume van de lucht in de kast, welke lucht, als zij wordt samengeperst of geëxpandeerd, de potentiële energie opneemt of afgeeft (vergelijk een condensator van een elektrisch circuit).

2. De massa van de lucht in de opening of de tunnel, die, wanneer zij wordt bewogen, kinetische energie opneemt (vergelijk de zelfinductie in een elektrisch circuit). Ook treden er nog weerstanden op, die worden veroorzaakt door de afgifte van geluid via de opening en als gevolg van de absorptie door de bekleding van de kast.

Als men de resonantie van de basreflexkast praktisch gelijk maakt aan die van de luidspreker, ontstaan twee gekoppelde resonantiekringen, met als gevolg een breder resonantiegebied, als ontstaat bij middenfrequentiekringen in de radiotechniek (Fig. 124). Dank zij deze plat-

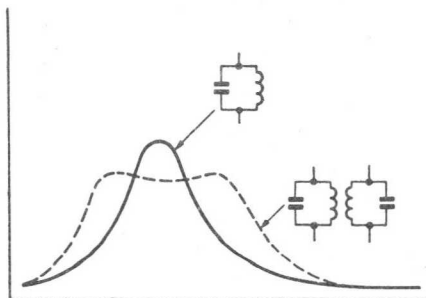


Fig. 124. Gedeeltelijke onderdrukking van de resonantiepiek van een luidspreker door inbouw in een basreflexkast met afgestemde eigen resonantie. De lage tonen worden dan weergegeven zoals de gestippelde kromme aangeeft.

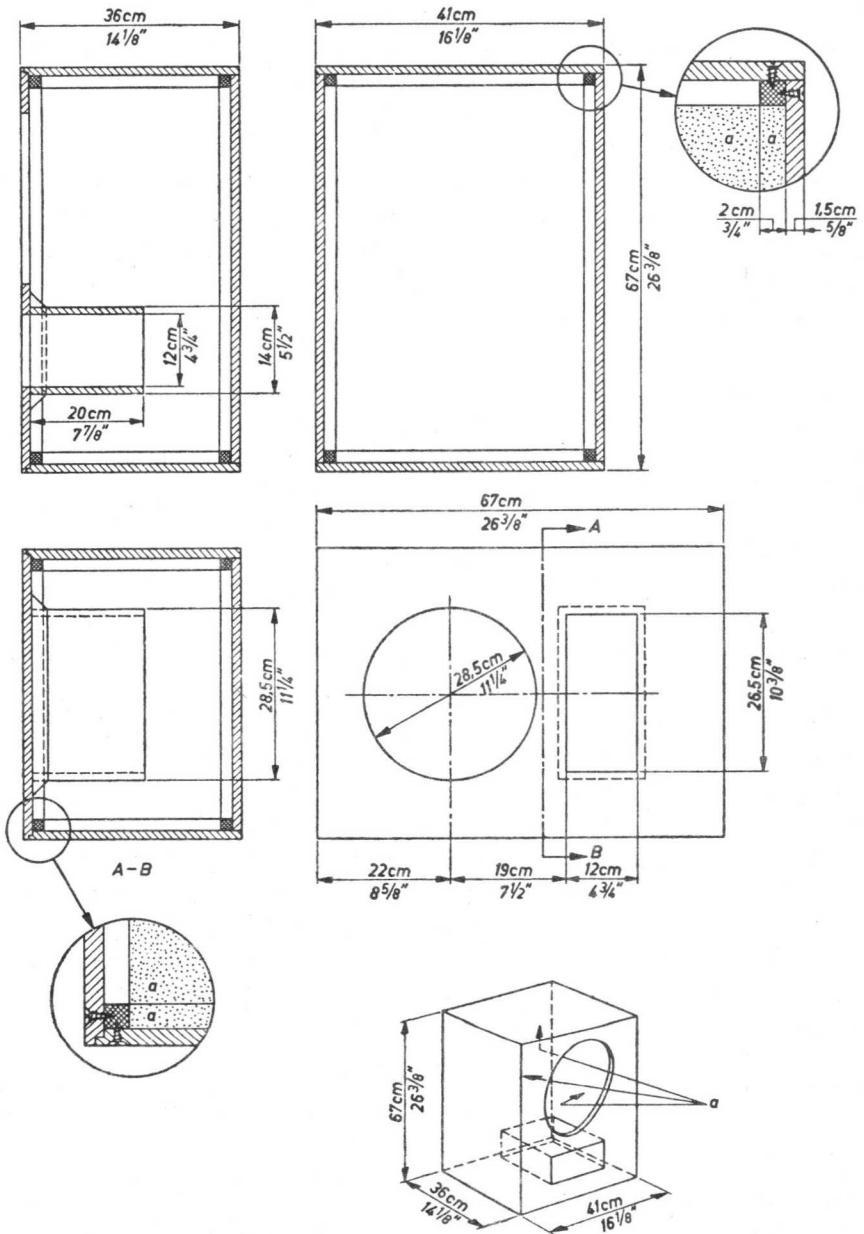


Fig. 125. Bouwtekening van een basreflexkast voor een luidspreker met 30 cm konusdiameter.

tere en bredere resonantiekromme wordt een betere weergave van lage tonen bereikt.

Fig. 125 geeft een bouwschema voor een basreflexkast, voor een luidspreker van 12", waarmee zeer goede resultaten worden bereikt.

Het richteffect van de luidspreker

Er bestaan twee opmerkelijk verschillende richtingskrommen, die ook bij microfoons worden gevonden. Is de luidspreker gemonteerd op een klankbord, dan worden de luchtdeeltjes aan de voor- en de achterzijde hiervan onderworpen aan drukken die gelijk in sterkte maar tegengesteld in richting zijn. Is de luidspreker in een gesloten kast gemonteerd, dan wordt de druk in alle richtingen even sterk voortgeplant. In werkelijkheid verandert de richting met de frequentie.

Er bestaat een wet in de natuurkunde die zegt dat elke straling gericht is wanneer de afmetingen van de „straler” van dezelfde orde van grootte of groter zijn dan de golflengte van de stralen. Eveneens zal een schaduw effect ontstaan achter elk obstakel waarvan de afmetingen even groot of groter zijn dan de golflengte van de stralen. Deze wetten gelden zowel voor licht- als voor geluids- en vloeistofgolven.

Bij luidsprekers is de konus klein in verhouding tot de golflengte van de lage tonen, en groot in verhouding tot die van de hoge tonen; de hoge tonen worden daardoor gericht. Weliswaar wordt het effect verminderd, omdat bij hoge tonen slechts een gedeelte van de konus vibreert; anderzijds wordt het effect verhoogd door de schaduwwerking van de kast (zie Fig. 126). Bij het weergeven van muziek moet men hiermee terdege rekening houden.

Vervorming

Vervorming ontstaat indien de beweging van de konus niet meer evenredig is met de stroom door de spoel. In de lage frequentie ontstaat gemakkelijker vervorming, omdat de amplitude van de konus dan groot is, vooral bij de resonantiefrequentie. Door toepassing van versterkers met een luidsprekeruitgang met lage inwendige weerstand wordt het effect

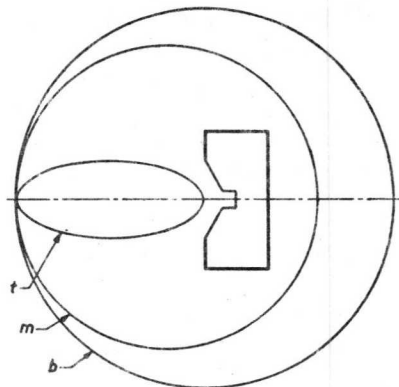


Fig. 126. Richteffect van een luidspreker in kast. t = hoge tonen, m = middelhoge tonen, b = lage tonen.

van de resonantie onderdrukt, omdat bij de resonantiefrequentie de impedantie van de luidspreker toeneemt, waardoor en als gevolg van de constante uitgangsspanning van de versterker, een lagere energie aan de luidspreker wordt toegevoerd.

Het beste is, de luidspreker aan te brengen in een gesloten kast of in een goede basreflexkast, omdat in dit geval de resonantiepiek reeds gedeeltelijk wordt onderdrukt.

Tot slot mogen we opmerken: Natuurgetrouwe weergave van lage tonen kost veel geld aan luidspreker, kast en werk.

Luidsprekercombinaties

Soms gebruikt men voor het weergeven van een zo groot mogelijk

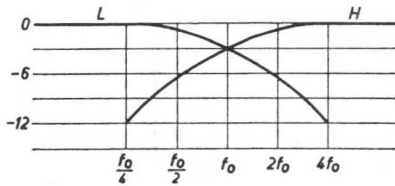


Fig. 127. Frequentieverloop in de beide luidsprekers uit Fig. 128.

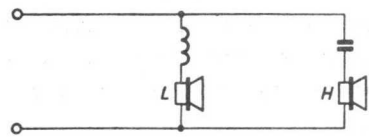


Fig. 128. Schakelschema van twee luidsprekers voor gescheiden weergave. L = lage-tonen luidspreker, H = hoge-tonen luidspreker.

frequentiegebied meer dan één luidspreker tegelijk. Dan is meestal een grote luidspreker voor de lage tonen in een klankkast gemonteerd, terwijl een of meer kleine luidsprekers voor het weergeven van de hoge tonen dienen. Soms gebruikt men voor de middenfrequenties nog een derde type luidspreker. Door de hoge- en lage-tonen luidsprekers op verschillende plaatsen op te stellen (niet te ver uit elkaar), bereikt men tevens dat de weergave meer ruimtelijk wordt gespreid, waardoor het klankbeeld natuurlijker wordt. Opdat de hoge en de lage frequenties door de respectievelijke luidsprekers worden weergegeven, en om overbelasting van de hoge-tonenluidspreker te voorkomen, is het noodzakelijk een scheidingsfilter te gebruiken. Dit filter moet zo gedimensioneerd zijn, dat de scheiding bij de juiste frequentie plaats heeft en zodanig verloopt, dat het totale vermogen dat de luidsprekers over het overlappingsgedeelte geven, gelijk blijft (Fig. 127).

Meestal heeft het filter een verzwakking van 6 dB per octaaf en bestaat het uit een smoorspoel in serie met de lage-tonen luidspreker en een condensator in serie met de hoge-tonen luidspreker (Fig. 128).

XIII. MICROFOONS

Microfoons zijn tegenwoordig in vele typen en uitvoeringen te verkrijgen; doch het is buitengewoon moeilijk een microfoon te vinden die onder alle omstandigheden is te gebruiken. Zo kunnen microfoons die in het ene geval zeer goede resultaten opleveren, in een ander geval beslist ongeschikt zijn.

Ook is het meestal zó, dat microfoons die de beste kwaliteit kunnen geven ook het hoogst in prijs zijn, waarbij wij niet willen beweren dat elke dure microfoon onder alle omstandigheder de beste resultaten geeft. In het algemeen geldt wel, dat microfoons die geleverd worden bij goedkope recorders ook laag in prijs moeten zijn, waardoor evenwel de kwaliteit van de microfoon niet aan de hoogste eisen zal voldoen. Dit is geen bezwaar, omdat een goedkope recorder meestal niet in staat zal zijn om van de hoge kwaliteit van een zeer goede microfoon te profiteren. Een ketting is zo sterk als zijn zwakste schakel.

Om een inzicht te krijgen in de problemen die samenhangen met het gebruik van een microfoon bij een recorder, zullen wij verschillende typen en hun eigenschappen eens onder het oog zien.

Koolmicrofoons (Fig. 129)

Bij koolmicrofoons verandert de weerstand van de koolkorrels met de verandering van de geluidsdruk. Doordat een hulpspanning in serie met de microfoon is geschakeld, gaat ten gevolge van de weerstandsverandering een wisselstroom door de microfoonkring lopen.

Koolmicrofoons zijn zeer robuust en zeer gevoelig. Ze hebben echter veel geruis en zijn praktisch alleen voor spraak bruikbaar.

Dit type komt in de praktijk van de recording niet meer voor, wel nog in telefoons.

Kristalmicrofoons (Fig. 130 en Foto 20)

Kristalmicrofoons bezitten een plaatje seignettezout, dat door de veranderingen in de geluidsdruk wordt verbogen, waardoor tussen de twee zijvlakken van het kristal spanningen ontstaan. Om de gevoeligheid te ver-

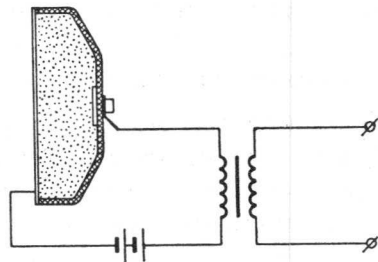


Fig. 129. Principeschema van een koolmicrofoon. Het inwendige van de microfoon is opgevuld met koolkorrels.

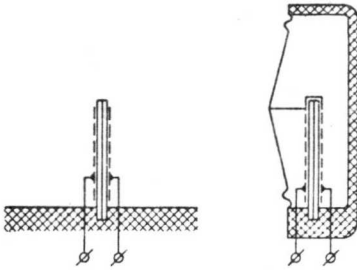


Fig. 130. Principeschema van een kristalmicrofoon. Links het losse kristal; rechts het kristal gekoppeld met een membraan.

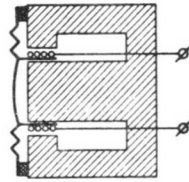


Fig. 131. Principeschema van een elektrodynamische microfoon.

groten, wordt het plaatje meestal met een membraan verbonden. Kristalmicrofoons kunnen niet tegen temperaturen boven 50° C, omdat het kristal dan smelt.

Elektrodynamische microfoons (Fig. 131)

Bij dit type microfoons beweegt zich een spoel, die aan een membraan bevestigd is, in een magneetveld. In de spoel ontstaan spanningen die soms door ingebouwde transformatoren worden opgevoerd.

Elektrodynamische microfoons zijn zeer robuust en worden in allerlei uitvoeringen in de handel gebracht. Dit is het type dat meestal bij recorders van de midden- en de hoge prijsklasse wordt geleverd.

Bandmicrofoons (Fig. 132 en Foto 22)

Dit zijn microfoons die berusten op het elektrodynamische principe, waarbij echter in plaats van de spoel een dun aluminiumbandje wordt gebruikt.

Deze microfoons zijn niet zo robuust als de andere dynamische types en worden niet veel toegepast.

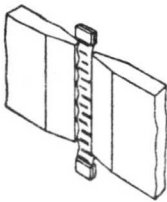


Fig. 132. Principeschema van een bandmicrofoon.

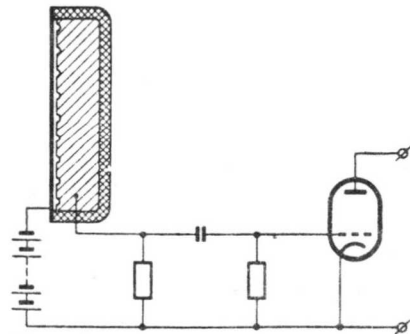


Fig. 133. Principeschema van een condensatormicrofoon.

Condensatormicrofoons (Fig. 133 en Foto 23)

Bij condensatormicrofoons dient het membraan gelijktijdig als elektrode van een condensator. De trillingen van het membraan veroorzaken capaciteitsveranderingen van de condensator, waardoor in het microfoon-circuit een wisselstroom wordt opgewekt.

Dit type vereist een zeer nauwkeurige fabricagemethode en een zeer zorgvuldige behandeling.

De microfoon is meestal samengebouwd met een voorversterker en een goed afgevlakte hulpspanning, terwijl een speciaal voedingsapparaat noodzakelijk is. De condensatormicrofoon wordt bij niet professionele recorders bijna nooit toegepast.

Belangrijkste eigenschappen

1. *De geluidskwaliteit*

De kwaliteit van de microfoon moet in overeenstemming zijn met die van de recorder. Verder kunnen wij zeggen dat de kwaliteit voor spraak meestal naar de verstaanbaarheid, en voor muziek naar de natuurgetrouwheid moet worden beoordeeld. Daarom zullen aan een microfoon, al naar gelang de omstandigheden, vaak volkomen verschillende eisen worden gesteld.

In het algemeen wordt de frequentiekaracteristiek als maatstaf voor de kwaliteit beschouwd; zij moet altijd een vlak verloop hebben. Om muziek weer te geven, moet de frequentiekaracteristiek van de diepste tot de hoogste tonen recht zijn; om spraak duidelijk en natuurgetrouw weer te geven, moet zij echter in de laagste frequenties dalen en in de buurt van 2000 Hz iets stijgen, aangezien voor een goede verstaanbaarheid de laagste tonen moeten worden verzwakt en de tonen rond 2000 Hz opgehaald. Onder bepaalde omstandigheden kan echter gewenst zijn ook van muziek iets minder lage tonen op te nemen, namelijk wanneer de opnameruimte te veel lage nagalm heeft.

2. *De richtwerking*

Onder richtwerking verstaan we de eigenschap van een microfoon om voor geluiden die uit verschillende richtingen komen meer of minder gevoelig te zijn.

We kennen microfoons met verschillende soorten richtwerking.

a. *Alzijdig gevoelige microfoons* (Fig. 134). Deze microfoons nemen alle geluiden, ongeacht hun richting, met gelijke sterkte op. In het algemeen zijn zij aan de achterzijde wat minder gevoelig voor hoge tonen dan aan de voorzijde.

De opstelling van de geluidsbronnen is voor deze soort in het algemeen niet zeer kritisch.

b. *Tweezijdig gevoelige microfoons* (Fig. 135). Deze microfoons vangen alleen aan de voor- en de achterzijde geluid op. De geluiden die uit andere richtingen komen worden zeer zwak opgenomen. Men moet er voor zorgen de geluidsbron of -bronnen op de juiste plaats op te stellen.

c. *Eenzijdig gevoelige microfoons (nier- of cardioïde microfoons)*

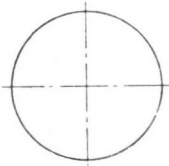


Fig. 134. Richtkarakteristiek van een alzijdig gevoelige microfoon.

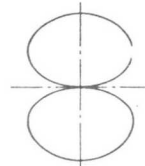


Fig. 135. Richtkarakteristiek van een tweezijdig gevoelige microfoon.

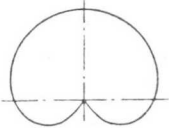


Fig. 136. Richtkarakteristiek van een eenzijdig gevoelige microfoon.

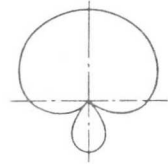


Fig. 137. Richtkarakteristiek van een hypercardioïde microfoon.

(Fig. 136). De richtwerking van deze microfoons is niervormig, dat wil zeggen dat zij bijna uitsluitend aan de voorzijde geluid opnemen.

De geluidsbron dient aan de voorzijde te zijn opgesteld; de plaats is echter niet zo kritisch als bij een tweezijdig gevoelige microfoon.

d. *Hypercardioïde microfoons* (Fig. 137 en Foto 24). Dit type is een verbeterde cardioïde en heeft een scherper naar voren begrensde gevoeligheid, waardoor de opstelling van de geluidsbron iets kritischer is dan bij de cardioïde types.

e. *Stereo microfoons* (Foto 21). Dit type bestaat uit een combinatie van twee hypercardioïde elementen die zodanig ten opzichte van elkaar opgesteld staan, dat geluiden die uit verschillende richtingen komen op de juiste wijze worden opgevangen (zie ook blz. 153).

3. Gevoeligheid

De gevoeligheid wordt bepaald door de uitgangsspanning te meten bij een bepaalde geluidsdruk. Meestal wordt zij uitgedrukt in millivolt per microbar, soms in decibel betrokken op 1 volt.

4. *Aanpassing*

Wij kennen microfoons met een hoogohmige en microfoons met een laagohmige aanpassing. De eerstgenoemde geven de hoogste spanning af en worden direct aangesloten op het rooster van de basis van de microfoonversterker. Hiervoor is het nodig dat de ingangsweerstand van de versterker ten minste driemaal zo hoog is als de microfoonimpedantie.

De impedantie van een dynamische microfoon kan maximaal 25 000 ohm zijn. Bij een kristalmicrofoon moet de ingangsimpedantie van de versterker meer dan 2 M Ω bedragen, daar anders een verlies aan lage tonen optreedt.

5. *De aansluitkabel*

Aan een kristalmicrofoon kan met het oog op de hoge capaciteit slechts 3 m kabel worden verbonden zonder dat er een merkbaar verlies aan gevoeligheid optreedt.

Aan een hoogohmige dynamische microfoon kan een kabel worden aangesloten van maximaal 10 m, waarbij echter reeds een merkbaar verlies aan hoge tonen merkbaar wordt.

Wenst men nog langere kabels te gebruiken, dan moet een microfoon met lage impedantie worden gebruikt, b.v. van 200 ohm of 50 ohm, waarbij dan, om weer voldoende signaal aan de ingangsversterker te krijgen, een ingangstransformator gewenst is. Deze transformator kan in de versterker zijn ondergebracht of als snoertransformator in een kabel zijn gemonteerd. De microfoonkabels moeten goed afgeschermd zijn, en, om gebrom te voorkomen moet deze afscherming goed zijn geaard.

Bij een impedantie van 50 ohm of lager hoeft de kabel niet afgeschermd te zijn.

XIV. HET OPNEMEN IN DE PRAKTIJK

Voordat wij kunnen ingaan op de praktijk van het opnemen, moeten wij met nadruk wijzen op de kwestie auteursrechten. In verscheidene landen heeft de wetgever beperkingen opgelegd aan het registreren, zelfs voor weergave in huiselijke kring, van muziek en andere uitingen van kunst en wetenschap zonder betaling van rechten ten behoeve van componist, auteur of uitvoerenden.

Het maken van opnamen via een microfoon is afhankelijk van enige omstandigheden waaraan niets te wijzigen valt. Een van de natuurkundige verschijnselen die geen verandering toelaten is het grote verschil tussen het direct met beide oren luisteren en het luisteren via een microfoon.

Veronderstellen wij dat wij in de huiskamer zitten te luisteren naar de verrichtingen van een van onze huisgenoten op de piano. Is hij een enigszins gevorderd amateur, dan gaan wij al spoedig geheel op in het spel en horen we verder niets om ons heen – wij kunnen ons geheel op het pianospel concentreren. Een geluid dat uit een andere richting dan die van de muziek komt, maakt vrijwel geen indruk op ons, evenmin als geluiden die in onze omgeving altijd voorkomen, als het tikken van een klok, straatrumoer, e.d. Maken wij nu een opname van dit pianospel en luisteren wij die later af, dan ondervinden wij al die bijgeluiden wél als hinderlijk. Men vraagt zich af waarom, en krijgt dan vaak ten antwoord dat de microfoon zo gevoelig is dat ook geluiden die men normaal bijna niet kan waarnemen, worden opgenomen. Dit is echter onjuist, want een gevoeliger microfoon dan een goed functionnerend menselijk oor moet nog worden geconstrueerd. Het verschil kan uitsluitend worden verklaard door het feit dat wij met twee oren luisteren en de microfoon als het ware slechts met één. Met onze twee oren horen wij stereofonisch en kunnen wij ons op geluid uit een bepaalde richting concentreren; een microfoon is nooit in die mate tot één geluidsrichting te beperken en is in vele gevallen zelfs alzijdig gevoelig. Door dit manco bij de microfoons zullen opnamen in het algemeen alleen dán volkomen slagen indien men een volkomen stille omgeving heeft. De beste garantie hiervoor is een speciale, geluiddichte studio, als wordt gebruikt bij de omroep, in de grammofoonplatenindustrie en voor filmproductie.

Wij kunnen wel het geluid stereofonisch registreren met behulp van twee microfoons (een nabootsing van beide oren, ook voor wat betreft onderlinge afstand). Het geluid dat door elke microfoon afzonderlijk wordt opgevangen wordt op twee verschillende sporen geregistreerd en later via twee afzonderlijke luidsprekers of groepen van luidsprekers weergegeven.

Deze geluidsreproductie komt vrijwel overeen met ons stereofonisch horen. Komen wij nu terug op onze opname met behulp van één microfoon, dan is het spoedig duidelijk dat wij met het opstellen van een tweede microfoon waarvan het signaal tegelijk met dat van de eerste (d.w.z. via dezelfde versterkers en luidspreker) wordt gereproduceerd, weinig of niets winnen. Het enige verschil is dat de geluiden die meer in de nabijheid van de tweede microfoon worden geproduceerd luider worden weergegeven. Een tweede verschijnsel dat van invloed is op de weergavekwaliteit, is de akoestiek van de ruimte waarin wij de opname maken. Iedereen weet dat het een groot verschil uitmaakt of men spreekt in een kamer van een leeg huis of in een volledig gestoffeerde en gemeubileerde kamer. De akoestiek van een ruimte wordt bepaald door de wijze waarop zekere tonen uit het geluid worden geabsorbeerd of teruggekaatst. Hoge tonen worden geabsorbeerd door tapijten, gordijnen en de bekleding van stoelen; de absorptie van lage tonen is gering. In een kale kamer worden de geluiden door de wanden teruggekaatst en sterven langzaam uit. De tijd die verloopt tussen het produceren van het geluid en het ogenblik dat het volledig is uitgestorven noemt men de nagalmtijd; deze is afhankelijk van de grootte van de kamer en de hardheid van de muren, het plafond en de vloer.

Maken wij een opname van spraak in een harde ruimte, dan zal de nagalm de verstaanbaarheid sterk verminderen. Men kan hierin verbetering brengen door gebruik te maken van een microfoon met richteffect en door niet te hard en dicht bij de microfoon te spreken. De richtmicrofoon is niet zeer gevoelig voor gereflecteerde geluiden; bovendien verminderen de reflecties door zachtere spraak. Het kan van belang zijn wat met de plaatsing van de microfoon in de kamer te experimenteren, omdat de nagalm meestal niet op alle plaatsen gelijk is. Door het ophangen van gordijnen kan men de nagalm – in het bijzonder die van de hoge tonen – verder verminderen.

Wenst men in bepaalde ruimten geregeld op te nemen of weer te geven, dan kan het gewenst zijn een akoestisch expert in de arm te nemen.

Opnemen en weergeven van spraak

Het zal de bezitter van een recorder zijn opgevallen dat het maken van opnamen van kinderen, de grootouders of een gezellig partijtje door verschillende, meestal aan de gebruiker onbekende, oorzaken niet het gewenste effect sorteert.

Ten eerste heeft de microfoon op sommige mensen een „verstommende” invloed. Ook diegenen die in het normale leven vrijwel onafgebroken het woord eisen, weten soms, als hun gevraagd wordt iets voor de microfoon

te zeggen, geen raad. Men kan in zo'n geval beter niet forceren of hatelijk worden. Het beste is, een gewoon gesprek uit te lokken door enkele vragen over dagelijkse dingen te stellen en de aandacht zoveel mogelijk van de microfoon af te leiden.

Vrijwel iedereen die voor het eerst zijn eigen stem hoort weergegeven, zal moeite hebben te geloven dat hij het werkelijk zelf is, hoewel hij in het algemeen direct de stem van een ander zal herkennen. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door de eigenaardige plaats van onze mond ten opzichte van de oren, die zozeer afwijkt van die van onze mond ten opzichte van andermans oren of een microfoon. Het trillen van onze stembanden wordt ook nog via ons hoofd naar onze oren voortgeplant, waardoor wij dus een combinatie van direct en indirect voortgeplant geluid waarnemen, hetgeen natuurlijk iets anders is dan het waarnemen van alleen indirect geluid.

Het opnemen van radioprogramma's, grammofoonmuziek en grammofoonmuziek met spraak

a. Afwisselend muziek en spraak; de recorder heeft geen mengmogelijkheid.

1. Goede microfoonstem uitzoeken; vaak zijn stemmen die normaal prettig klinken niet zeer geschikt voor opnemen. Microfoon op mondhoogte of iets lager plaatsen. Tekst kernachtig houden, goed gearticuleerd en niet te snel spreken. Proefondervindelijk de juiste afstand tussen spreker en microfoon bepalen; de beste spreekafstand ligt meestal tussen 20 en 50 cm. Spreken alsof men voor het publiek staat. Stand van de volumeregelaar noteren.

2. De juiste verhouding tussen muziek en spraak bepalen. De meeste bioscoopjournaals en radio-klankbeelden zijn hiervan goede voorbeelden. Stand van de volumeregelaar voor muziek noteren. De beste resultaten krijgt men indien de tekst met korte onderbrekingen wordt uitgesproken.

3. Men kan alle teksten achter elkaar opnemen en vervolgens de muziekopnamen maken. De afzonderlijke delen worden uitgeknipt en in de juiste volgorde geplakt met behulp van speciaal hiervoor verkrijgbaar plakband. Deze methode wordt ook vaak in omroepstudio's toegepast. Het nadeel is dat het band in stukken moet worden geknipt en dat de lussen op de duur los kunnen laten.

4. Een andere methode is, de tekst op één band op te nemen en de muziek op een andere. Daarna copieert men op een tweede recorder afwisselend de stukken muziek en spraak. Het voordeel hiervan is, dat men geen band behoeft te verknippen en muziek en spraak naar wens kan doen wisselen.

5. Men kan ook telkens een gedeelte muziek opnemen en vervolgens de gewenste spraak. Het voordeel is dat men met één recorder kan werken; maar weliswaar vermindert hierdoor de concentratie van de spreker en ontstaan er onwillekeurig verschillen in toonhoogte, spreek-snelheid en volume.

Nog een praktische opmerking: plaats de microfoon zo ver mogelijk van de recorder, opdat het mechanische geluid van de recorder niet mede wordt opgenomen. Plaats recorder en microfoon nooit op dezelfde tafel, want zelfs indien de recorder geen merkbaar eigen geluid heeft, zullen zich toch trillingen door de tafel voortplanten.

b. Muziek, afgewisseld door spraak met muziek op de achtergrond. Eerst alle muziek zonder onderbreking opnemen. Terugwikkelen. Band van de wiskop aflichten, bijvoorbeeld door een stukje karton van ca. 1 mm dikte tussen de band en deze kop te houden. Opletten dat de band wel goed over de opneemkop blijft lopen!

De opname van de band weergeven tot de plaats waar de spraak moet worden opgenomen. De recorder inschakelen voor opnemen. Microfoon inschakelen en spraak opnemen. Direct daarna stoppen en verder weergeven tot er weer spraak gewenst is. Op deze wijze wordt bij het opnemen de band niet door de wiskop gewist, maar het voormagnetiseringsveld verzwakt de muziekopname enigszins, terwijl de spraak met normale sterkte wordt opgenomen tegen een achtergrond van muziek. De juiste verhouding krijgt men door het variëren van de opneemsterkte van de spraak, of door de muziek op de plaatsen waar later de spraak moet worden aangebracht iets zachter op te nemen. Bij sommige recorders is een speciale inrichting aanwezig voor het opnemen van spraak over muziek.

c. Mengen met behulp van een ingebouwde schakeling of een extra mengkastje. Sommige recorders bergen de mogelijkheid in zich grammofoon- of radiomuziek en spraak afzonderlijk te regelen. In de handel zijn mengkastjes verkrijgbaar die aan een recorder kunnen worden aangesloten en waarmee het mogelijk is bijvoorbeeld twee microfoons, een radio en een grammofoon tegelijk aan te sluiten, en het geluid van deze bronnen met behulp van afzonderlijke knoppen te regelen en te mengen. Zo kan men elk gewenst spraak-muziekprogramma samenstellen.

Zo een mengkastje kan ook voor het maken van andere opnamen nuttig zijn. Men kan bijvoorbeeld met een hoofdtelefoon meeluisteren, zodat men niet steeds behoeft terug te wikkelen en over te schakelen op weergeven, om de verhouding van stem en muziek e.d. te controleren zoals onder *b* nodig is.

Het opnemen van een zangstem zonder begeleiding

a. *Crooners*. De stemsterkte is vrij gering, waardoor het nodig is dicht bij de microfoon te zingen, op een afstand van 10 tot 15 cm. Hierdoor ontstaat een intieme stem die meestal vrij laag klinkt. Het kan zijn nut hebben in dit geval enige proeven met de opstelling van de microfoon te nemen. Sommige stemmen klinken beter indien de microfoon zich recht voor de mond bevindt, bij andere is het beter enigszins langs de microfoon te zingen. Vooral met de s-klanken moet men oppassen. Deze kunnen in ongunstige gevallen in de weergave als kleine explosies gaan klinken!

De beste resultaten krijgt men door voor de microfoon te gaan *staan*.

b. *Andere zangstemmen*. Ook in dit geval kan men het best staan. Een zanger of zangeres die normaal zingt, heeft een vrij grote stemsterkte. Voor het opnemen hiervan is natuurlijk een grotere microfoonafstand gewenst, meestal tussen 30 en 50 cm. Bij sterke uithalen van de stem kan het gewenst zijn de sterkte bij te regelen of de afstand tot de microfoon te wijzigen.

In dit laatste geval moet de zanger of zangeres zich gedurende de uithaal iets achterover of opzij buigen. Hiervoor is enige oefening nodig.

Maakt men de opname in een kamer, dan verdient het aanbeveling de zanger met de rug naar de muur of een hoek te laten staan. De muren waarvan de meeste terugkaatsing is te verwachten, zijn dan het verst van de microfoon verwijderd.

c. *Verschillende stemmen tegelijk*. De opstelling van de microfoon is hier afhankelijk van het aantal stemmen. Tot en met vier kan men dezelfde opstelling gebruiken als voor een solist; het zal dan echter wel gewenst zijn dat de zangers zo dicht mogelijk bij elkaar gaan staan. Men zal even moeten proberen welke afstand elk van hen tot de microfoon moet hebben. Bij een solo-passage kan het effect worden versterkt door de solist iets dichter bij te laten komen. Dit vergt enige oefening in het vermijden van gerucht, als voetstappen, het aanraken van de microfoon of van de tafel waarop deze staat. Het kan daarom gewenst zijn de microfoon op te hangen of op een statief te plaatsen.

Een koor dat groter dan een kwartet is, moet om de microfoon heen staan, die dan met de gevoelige zijde omhoog of omlaag wordt opgesteld, dus zonder een bepaalde voorkeursrichting. Hoe groter het koor, hoe hoger de microfoon moet hangen, om alle stemmen tot hun recht te doen komen. Soms kan het aanbeveling verdienen bepaalde stemmen dichterbij te halen, zoals bij een gemengd koor de sopranen. Zijn de zangers in een vrij grote kring opgesteld, dan krijgt de zaalakoestiek een merkbare invloed op de opname. Een beetje nagalm kan geen kwaad en is in elk geval

minder storend dan een overmaat aan gordijnen en dergelijke, die de hoge tonen absorberen en daardoor het geluid zijn rijkdom ontnemen.

Hoe het ook zij, meestal zal de opstelling van een koor om een microfoon anders zijn dan bij een normale uitvoering.

Bij grote koren doet men er beter aan twee microfoons te gebruiken en met behulp van een mengkastje de verhouding tussen de verschillende stemmen in te stellen.

Zangstemmen met begeleiding

a. *Solist met piano.* Geen panelen uit de piano verwijderen, vleugel gesloten laten. Dergelijke opnamen met behulp van één microfoon in een huiskamer zijn vrij moeilijk te maken. Wenst de zanger van het muziekblad op de piano af te lezen, dan zal de microfoon dicht bij dit instrument moeten worden opgesteld, waardoor de begeleiding tamelijk dominerend wordt opgenomen. De pianist zal zacht moeten spelen en voorzichtig zijn met het gebruiken van de pedalen.

De microfoon zal in het algemeen ongeveer een meter van de piano en 30 à 50 cm van de mond van de zanger verwijderd moeten zijn; de praktijk zal moeten leren welke kleine variaties men moet toepassen om de juiste verhouding tussen solist en begeleider te verkrijgen. In geen geval moet men de microfoon echter op de piano zetten, omdat dan de bijgeluiden van dit instrument onevenredig sterk worden opgenomen.

b. *Solist met eigen pianobegeleiding.* Microfoon op ongeveer 1,50 m hoogte, op een afstand van 30 à 50 cm van de mond. Uiterst zachte begeleiding.

c. *Koor met piano.* Ook hier piano of vleugel gesloten laten. Oppassen dat de piano niet te luid klinkt. Afstand van microfoon tot instrument 1 à 1,50 m, van microfoon tot zangstemmen zo gering mogelijk. Piano zacht bespelen.

d. *Solist met gitaar.* Afstand microfoon-mond ongeveer 50 cm. Enige proefopnamen maken om het gitaarspel in te stellen op de stemsterkte. Vooral indien de zanger zichzelf begeleidt, mag het spel niet te luid zijn.

Strijkinstrumenten

a. *Viool.* De geluidsuitstraling van een viool is het sterkst in de richting van het bovenblad. De beste opstelling voor een microfoon is dan ook 50 à 75 cm vóór dit blad, schuin rechts boven de speler, vrij in de lucht, d.w.z. hangend of op een statief. Doordat het geluid van zijn instrument overwegend in één richting wordt uitgestraald, moet de speler zijn viool vrij rustig proberen te houden; elke verdraaiing leidt tot een klankverandering in de opname.

b. Cello. Microfoon opstellen op ongeveer 75 cm afstand en 75 cm hoogte, schuin rechts voor de speler.

Blaasinstrumenten

a. Hout. Bij fluit, hobo, klarinet en fagot dient de afstand tot de microfoon 50 tot 75 cm te bedragen. De beker van het instrument bepaalt ongeveer de hoogte van de microfoon.

b. Trompet, bugel en cornet. Wordt het instrument open bespeeld, dan

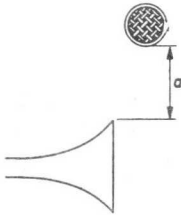


Fig. 138. Afstand a tussen zijkant van trompet, bugel of cornet tot microfoon ongeveer 60 cm.

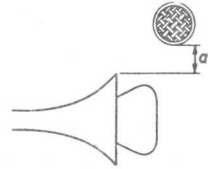


Fig. 139. Bij gestopte instrumenten, afstand a ongeveer 20 cm.

moet de afstand tot de microfoon 1,50 m of iets meer zijn, maar ook weer niet te groot, wegens het gevaar van echo.

Heeft men niet de beschikking over voldoende ruimte om zich aan deze opstelling te houden, of wil men de klankkleur van het instrument iets wijzigen, dan kan men het proberen met plaatsing van de microfoon op 60 cm en opzij van of boven de beker van het instrument (Fig. 138).

Gestopte instrumenten hebben niet alleen een geheel ander timbre, maar ook een aanzienlijk geringer volume dan open instrumenten. De microfoon moet op ongeveer 20 cm afstand van de beker staan (Fig. 139). Men zal, om de geschikteste plaats te vinden, enige proefopnamen moeten maken.

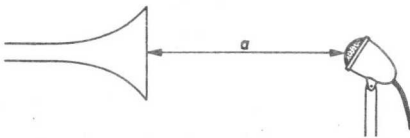


Fig. 140. Afstand a tussen trombone en microfoon moet minstens 1,50 m bedragen.

De speler moet zich zo min mogelijk bewegen, want elke verandering van stand is duidelijk in de opname te horen.

c. Trombone. Afstand tot de microfoon 1,50 à 2 m (Fig. 140). Lage tonen kunnen vrij gemakkelijk aanleiding geven tot overbelasting van de microfoon, zodat men dan de beker van het instrument iets van de microfoon weg moet draaien. Bij een gestopte trombone dient de afstand 15 à 30 cm, en de hoek tussen de hartlijn van de beker en die van de microfoon 45° te bedragen.



Foto 25. Recorder in gebruik bij het opnemen van een bespreking.



Foto 26. Eenvoudige draagbare professionele recorder met een bandsnelheid van 19 cm/s, voorzien van drie magneetkoppen.

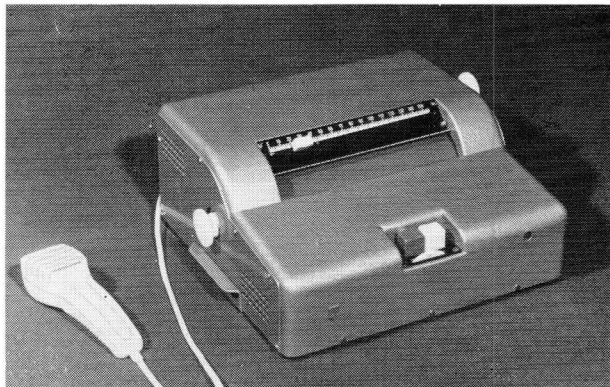


Foto 27. Dictermachine waarbij als opneemmedium gebruik wordt gemaakt van een vel magnetisch materiaal dat op een rol kan worden gewikkeld. Opneemtijd 15 minuten per vel.

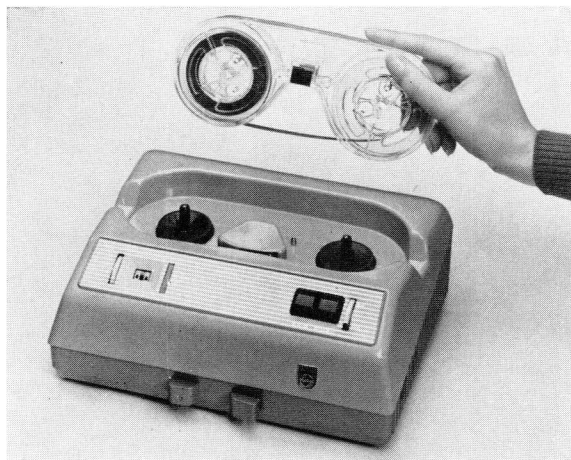


Foto 28. De Philips dicteermachine waarbij als opneemmedium gebruik wordt gemaakt van een magneetband die in een cassette gespoeld is. Opneemtijd 2×20 minuten. Aan het einde van de band kan door de cassette eenvoudig om te draaien binnen enkele seconden op het tweede spoor verder worden gedictieerd.

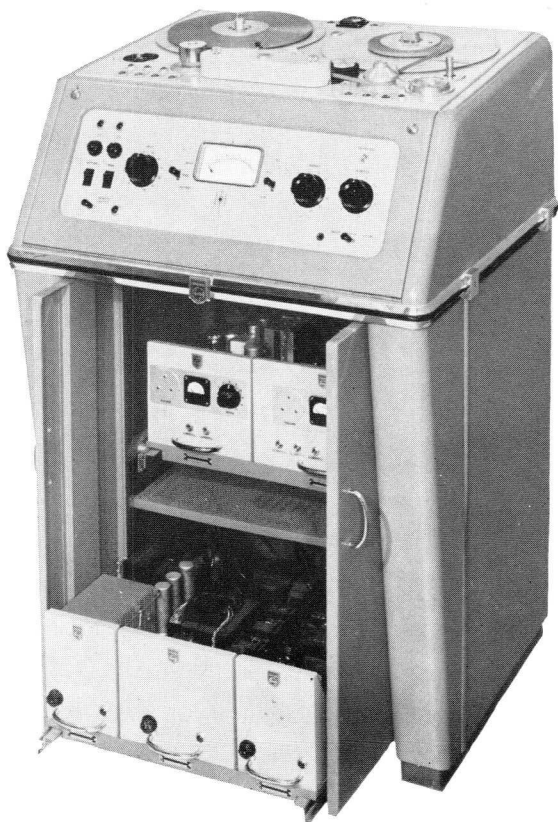


Foto 29. Professionele recorder voor stationair gebruik. Alle mechanische en elektrische onderdelen zijn gemakkelijk te bereiken doordat zij op schuifladen zijn gebouwd en omklapbaar zijn.

d. *Waldhoorn*. Doordat de beker van dit instrument naar achteren is gekruild, moet de microfoon schuin achter de speler worden opgesteld, op een afstand van 1,50 à 2 m. Wordt de hoorn in een ensemble bespeeld, dan zal men hiermee rekening moeten houden door bij voorbeeld de microfoon opzij van het ensemble te plaatsen en de hoornist enigszins met de rug naar de microfoon gekeerd te doen staan.

e. *Tuba*. Richt de beker van het instrument schuin langs de microfoon en bewaar de afstand van 1,50 tot 2 m (soms iets meer).

Solo-piano

a. *Gewone piano*. Is het instrument tegen een muur geplaatst, dan moet men de bovenklep enkele centimeters openzetten. Plaats de microfoon op ongeveer 1 m afstand en 75 cm hoogte, liefst aan de discantzijde. In grote vertrekken met een goede akoestiek kan men de afstand tot ongeveer 3 m vergroten.

Staat de piano dwars in het vertrek, dan stelle men de microfoon aan de achterzijde op; hoogte ca. 75 cm, afstand ca. 1 m, iets aan de discantzijde. Verplaats bij het maken van proefopnamen de microfoon naar links en rechts en naar voren en achteren.

Zet de microfoon nooit op de piano; de bijgeluiden van dit instrument worden dan onevenredig sterk opgenomen. Speel niet te luid en let op de sterkteverhouding tussen hoge en lage tonen. Maak niet teveel van de pedalen gebruik.

b. *Vleugelpiano*. Zet de vleugel open en plaats de microfoon op 50 à 100 cm afstand en op een hoogte van 1,50 m, met de gevoelige zijde naar beneden (Fig. 141). Zie voorts onder a.

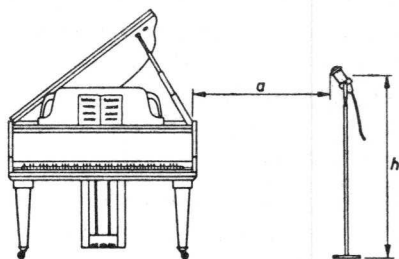


Fig. 141. Bij het opnemen van vleugelpianospel, de vleugel openzetten. De afstand a tussen microfoon en vleugel neme men 50 à 100 cm; de hoogte h van de microfoon moet ongeveer 150 cm bedragen.

Harmonium

Hierbij gaat men ongeveer op dezelfde wijze tewerk als bij een gewone piano.

Het komt nogal eens voor dat bepaalde voorwerpen in het vertrek meertillen en vooral in de opname hinderlijke bijgeluiden veroorzaken; *kopjes* en *lepeltjes* zijn in dit opzicht meestal het ergst.

Harmonika en accordeon

Microfoon op ongeveer 50 cm afstand aan de discantzijde.

Vocale of instrumentale solo met grammofoonmuziek

Dit is alleen mogelijk met een recorder met mengschakeling of met behulp van een apart mengkastje.

Sluit de grammofoon en de microfoon aan. Stel de microfoon op volgens de vorenstaande aanwijzingen. Experimenteer met de weergeefsterkte van de grammofoon via het radiotoestel of de luidspreker van de recorder. Zet deze weergave niet te luid, want de microfoon heeft de neiging dit geluid te sterk op te nemen. Men bereikt betere resultaten door de solist de begeleiding te doen volgen met behulp van een hoofdtelefoon en deze begeleiding niet indirect via de microfoon, maar direct naar de desbetreffende ingang van de recorder te voeren.

Er zijn grammofoonplaten met orkestmuziek, waaruit men de solo-partijen heeft weggelaten. Deze opnamen zijn bij uitstek geschikt voor studiedoelinden. De recorder kan dan dienen voor controle van het samenspel.

Het begeleiden van zichzelf in twee étappes

Met behulp van een recorder kan men met zichzelf quatre-mains spelen. Men neemt bij voorbeeld eerst de discant-partij op en geeft deze dan weer, waarbij men de bas-begeleiding speelt. Het is natuurlijk ook mogelijk, eerst een piano- of andere begeleiding op te nemen en ze te gebruiken ter ondersteuning van vocale of instrumentale soli.

Grote orgels

Er zijn verscheidene factoren die de kwaliteit van de opname bepalen. Zo moet de microfoon in staat zijn tonen van 50 Hz af behoorlijk op te nemen. Voorts heeft de akoestiek van de zaal een sterke invloed. De afstand van de microfoon tot het orgel moet vrij groot zijn, en, indien het orgel uit twee gedeelten bestaat, moet men de plaats van de microfoon met zorg kiezen. Plaats de microfoon vóór het orgel, aan de zijde van de hoge tonen, en verplaats hem enkele malen naar voren en naar achteren, naar links en naar rechts en omhoog, totdat de beste plaats gevonden is. Er zijn namelijk plaatsen waar bepaalde toongebieden tengevolge van reflecties en nagalm slecht worden opgenomen.

Conversatie

Indien de microfoon aan alle zijden gevoelig is (kogelkarakteristiek), dient men hem verticaal of horizontaal neer te zetten of op te hangen. De sprekers komen er rondomheen, op een afstand van 30 tot 50 cm.

Men neme spraakproeven en stelle de eventuele bezitters van zachte stemmen wat dichterbij de microfoon op dan de andere sprekers. De

sterkte van de stemmen en de afstand van de mond tot de microfoon moeten niet te veel variëren. Het geritsel en gekraak van papier wordt gedurende de opname zeer duidelijk opgenomen; als men de teksten opleest, verdient het daarom aanbeveling het papier schuin omhoog te laten liggen.

Indien kleine kinderen meespreken, kan men het best de volwassenen laten zitten en de kinderen doen staan, opdat de hoogte van de mond voor allen ongeveer dezelfde is.

Men lette erop dat bepaalde woorden niet te veel nadruk krijgen. Een goede articulatie en een levendige spraak geven de beste resultaten.

Moet de stem van een spreker wat luider worden, dan verdient het vaak aanbeveling dat deze zijn hoofd iets van de microfoon wegdraait, opdat de opname niet overbelast wordt.

Hoorspelen

Het opnemen van een hoorspel is sterk afhankelijk van het genre spel en van de eisen die men stelt; het is een secuur en vaak langdurig, maar zeer dankbaar werk.

In het algemeen gaat men op dezelfde wijze te werk als bij het opnemen van conversatie, maar er komt een belangrijke taak bij: die van de geluidseffectman. Deze medewerker kan zijn effecten voor de spreekmicrofoon produceren (Fig. 142), hoewel het meestal gemakkelijker en beter is, als hij over een tweede microfoon beschikt.

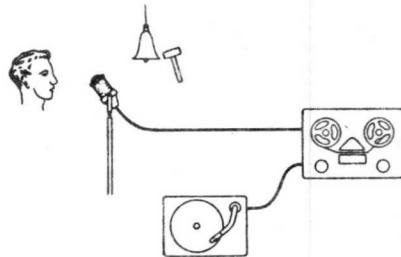


Fig. 142. Het opnemen van een hoorspel met behulp van één microfoon en een platenspeler.

Men zal doorgaans ook de beschikking moeten hebben over een grammofoonaansluiting voor het opnemen van muzikale effecten of intermezzi, of over een tweede recorder waarop de muziek reeds is opgenomen. Voor het inschakelen en regelen van deze microfoons en van de effecten is een speciaal regelkastje bijna onontbeerlijk (Fig. 143).

Het is mogelijk de gewenste geluidseffecten eerst op een recorder op te nemen met behulp van de originele voorwerpen. Men denke slechts aan het dichtslaan van deuren, voetstappen op grind of een vloer, het fluiten van een waterketel, het rinkelen van een deurbel of een telefoon. Vaak echter zal men ontdekken dat de weergave van deze geluiden niet aan de verwachtingen beantwoordt.

In een studio van de radio-omroep beschikt men daarom over een verzameling „surrogaatgeluiden” die, via de microfoon opgenomen, natuurgetrouwer klinken dan de oorspronkelijke. In de volgende paragraaf zullen

wij de middelen voor het bereiken van eenvoudige geluidseffecten aangeven.

Het zal echter nodig zijn proef-
ondervindelijk vast te stellen, hoe
groot de afstand van de geluids-
effectmiddelen tot de microfoon
moet zijn voor een redelijk resultaat.

Geluidseffecten

Vuur – cellofaan of papier verfrom-
melen, al of niet gepaard met het
breken van enkele stukjes hout
tegelijk

Sirene – sirenefluitje

Botsing – een aantal platen blik
laten vallen

Telegraafsleutel – blikken kikkertje
(klikkertje)

Autotoeter – blikken toetertje

Telefoonbel – fietsbel

Stoomfluit – tweetoonsfluit

Piepende remmen – krassen van metaal over glas

Regen – cellofaan kraken; rijst langzaam uitstorten op een metalen plaat

Wind – ballon leeg laten lopen

Breken van glas – blikken of aluminium platen laten vallen

Onweer – een grote blikken plaat schudden en er zo nu en dan op slaan

Deurbel – fietsbel

Hoefgetrappel – met halve kokosnoten of halve rubber ballen op de vloer
slaan

Brandweerauto – sirenefluitje

Vogelgefluit – waterfluitje

Machinegeweer – blikken kikkertje (klikkertje)

Geweer- of revolverschot – alarmpistool (opname liefst niet in zwaar
gestoffeerde kamer maken)

Lift – stofzuiger

Stemvorming – in bloempot of blikken bus praten

Telefoonstem – door een buis praten (lage tonen niet opnemen of weer-
geven).

Voetstappen in sneeuw – regelmatig stevig in zakje gevuld met aardappel-
meel knijpen (zakje dicht bij de microfoon houden).

Het slaan van een deur of een hek, het schuiven van een raam, enz.
wordt bij de radio en de film opgenomen met behulp van een speciaal

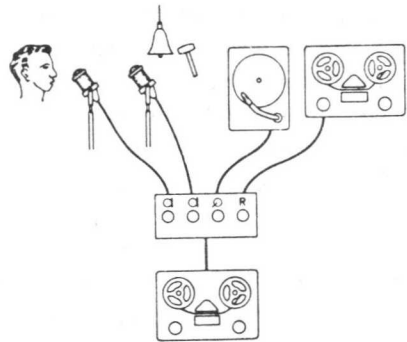


Fig. 143. Toepassing van een speciaal
regelkastje bij het opnemen van hoor-
spelen. Eén microfoon wordt voor
spraak gebruikt, een tweede voor de
geluidseffecten, terwijl tevens muziek of
geluiden kunnen worden opgenomen
van een platenspeler en een recorder.

houten gestel waarop een deur, een hek en een schuif, een grendel en een slot, enz. zijn gemonteerd.

Het sissen van stoom verkrijgt men door een hete soldeer- of strijkbout met de punt in een bak water te steken.

Men kan verschillende elektrische bellen en zoemers op een plank monteren. Elk ervan moet een eigen drukknop hebben; de voeding kan van een droge batterij komen. Aldus ontstaat een zeer nuttig apparaat.

Een ander hulpmiddel voor het produceren van effecten kan men als volgt maken. Men neemt een dunne plaat metaal van ongeveer een meter in het vierkant en monteert die verticaal in een houten raam. Ongeveer in het midden van de plaat wordt een kleine stalen veer bevestigd, die met het andere einde aan een naald van een pick-up is bevestigd (een oud model pick-up is goed genoeg). De pick-up is gemonteerd op een balkje dat aan het houten raam vastzit. Slaat men nu met een of twee vilten kloppers of omwikkelde hamers op de plaat, dan krijgt men een goede imitatie van een onweer.

Door met een metalen voorwerp een korte tik op de plaat te geven bootst men een gewerschot na. Als men uit deze opsomming een beeld heeft verkregen van de wijze waarop een microfoon bepaalde geluiden opneemt, zal men er langzamerhand in slagen zelf nog andere effecten te bereiken met hulpmiddelen die men ter beschikking heeft.

Kerkdiensten, huwelijksplechtigheden, e.d.

Het opnemen van kerkdiensten komt steeds meer in gebruik. Hoeveel zieken en bejaarden zijn er niet, die geen gelegenheid hebben de diensten bij te wonen. Juist voor hen is het vaak een bijzonder genoegen de preek, de huwelijksplechtigheid van een familielid of de doop van een kleinkind te kunnen medebeleven. Indien men alleen de preek wenst op te nemen, is het probleem eenvoudig; men behoeft slechts de reeds behandelde aanwijzingen op te volgen. De meeste kerken hebben echter veel nagalm, zodat de afstand van spreker tot microfoon zo klein mogelijk moet zijn. Een gerichte microfoon – in het bijzonder een hypercardioïde – kan hierbij goede diensten bewijzen, vooral als de lage tonen worden afgesneden.

Moeten behalve de preek ook de altaarliturgie, de koorzang en de orgelmuziek worden opgenomen, dan zal men meer dan één microfoon moeten gebruiken. In het algemeen kan men volstaan met een extra microfoon in de buurt van het altaar (liefst van hetzelfde type als die van de preekstoel) en een muziekmicrofoon op enkele meters afstand van het koor. Het verdient aanbeveling, de microfoons zo onopvallend mogelijk op te stellen en enkele proeven te nemen om hun juiste plaats te bepalen.

Vooraf bij huwelijksplechtigheden kan de microfoon vaak een geschikte

plaats vinden in een bloemenversiering of iets dergelijks. Uiteraard is het belangrijk dat het jawoord van het paar duidelijk wordt opgetekend.

Een tijdige bespreking met de koster en rustig experimenteren zijn nodig om fiasco's te voorkomen.

Feesten

De verkeerde methode om van een feest een geluidsband te maken die de mēte van het aanhoren waard blijft, is de microfoon op een willekeurige plaats op te stellen en alles domweg op te nemen. Gewoonlijk ontstaat dan een band met veel lawaai, onzin en bijkomstigheden, die zelfs de prettige herinneringen aan een feestelijke bijeenkomst dreigen teniet te doen.

Iemand die goed van de tongriem is gesneden kan telkens een korte inleiding geven tot hetgeen er te gebeuren staat, en aankondigen wie er gaat spelen, voordragen of zingen. Het is verwonderlijk hoe vaak men zich niet juist weet te herinneren hoe een programma precies verliep, vooral als het een zeer geanimeerd feest betreft. Een tweede persoon start en stopt de recorder, om geen hiaten in de opname te doen ontstaan. Een grappig en interessant resultaat kan men krijgen, indien men het opgenomene direct afdraait en deze weergave, samen met de reacties van de deelnemers, met een tweede apparaat opneemt. Het kan een leuke herinnering worden indien het feestvarken zelf ook zo nu en dan eens iets op de band spreekt, waarbij de microfoonman er voor kan zorgen de microfoonangst van de spreker door het handig stellen van een paar vragen te overwinnen.

Orkesten

Het slagen van een opname van een orkestuitvoering is sterk afhankelijk van de ruimte waarin het orkest speelt. Daarbij is niet alleen de akoestiek of de nagalm van de zaal van belang, maar ook de grootte.

Indien een zaal laag is en het grootste gedeelte ervan is bezet door musici, zullen er altijd instrumenten zijn die zich in verhouding tot de andere te ver van of te dicht bij de microfoon bevinden. Hierdoor zal bij het weergeven de verhouding in sterkte van de instrumenten verloren gaan. In een dergelijk geval zal het gewenst zijn de microfoon zo hoog mogelijk op te hangen en zo lang te verplaatsen tot het gunstigste punt is gevonden. Bij het opnemen van symfonische muziek is de beste plaats voor de microfoon één tot anderhalve meter achter en een meter boven de dirigent. Het gebruik van een tweede microfoon kan zin hebben bij het optreden van een solist. Deze microfoon wordt dan op enkele meters afstand en op ongeveer anderhalve meter hoogte opgesteld. Aldus kan men de solist wat meer naar voren brengen. Al naar gelang de omstandigheden kan men

de weergavekwaliteit verbeteren met behulp van een nagalm-microfoon die enkele meters achter de eerste en ook iets hoger wordt opgesteld. Zo wordt er wat meer nagalm uit de zaal opgevangen, waardoor de opname vaak aangenamer klinkt.

Het zal voor het maken van een goede opname dikwijls nodig zijn, de orkestopstelling wat te wijzigen. De eerste violen moeten dicht bij de microfoon komen, houtblazers en celli ruim een meter erachter, en in de laatste rij de bassen, koperblazers en het slagwerk.

Voor het opnemen van instrumentale scli hebben wij er reeds op gewezen dat de walddhoorn en laag gestemde instrumenten gemakkelijk aanleiding tot overmodulatie geven; men moet daarom langs proefondervindelijke weg de juiste opstelling en speelwijze vinden.

Ook zal het vaak blijken dat, indien de opstelling bij een repetitie in een lege zaal goed was, de instrumenten bij een opname in een zaal met publiek veel minder goed in balans zijn. Dit komt omdat tussen het publiek veel geluid wordt geabsorbeerd en deze absorptie voor verschillende tonen sterk varieert. Ook worden bij galavoorstellingen meestal minder hoge tonen geabsorbeerd dan bij een volksvoorstelling.

Het opnemen van fanfare-orkesten is vaak nog moeilijker dan dat van symfonie-orkesten, zodat hierbij de microfoonopstelling meestal met nog meer zorg moet worden bepaald.

Dansorkesten vragen een zaal met weinig nagalm; hiervoor zijn dus absorberende panelen en gordijnen gewenst. Bij dansmuziek wil men namelijk in het algemeen elk instrument met veel „presence” opnemen, omdat elke speler op zijn beurt als solist optreedt. Dit maakt het in de praktijk moeilijk met één microfoon te werken, omdat elke solist dan naar de microfoon toe moet wandelen, hetgeen alleen bij kleine ensembles geen groot bezwaar is. Toch zal het wel altijd onmogelijk zijn met slagwerk, contrabas en piano heen en weer te sjouwen. In dit geval geldt dus: verscheidene microfoons, en liefst van het gerichte type. Elke sectie moet dan op een afstand van ongeveer 50 cm aan de gevoelige zijde van de microfoon zitten, en in de dode hoek van deze microfoon dienen de microfoons voor de andere secties te zijn opgesteld. Een zangsolist moet ook zijn eigen microfoon hebben, die dan tevens door een klein koor kan worden gebruikt.

Ook hier geldt weer: veel oefenen met microfoonopstellingen en de manier waarop elk instrument wordt bespeeld. Men kan vaak speciale effecten bereiken door zeer zacht en zeer dicht bij de microfoon te spelen en te zingen.

Instrumenten met elektronische versterking

Wij onderscheiden instrumenten die zijn of kunnen worden voorzien van een

pick-up (gitaar en andere snaarinstrumenten), of van een speciale microfoon (mondharmonika's), en instrumenten waarvan de weergave geheel langs elektronische weg geschiedt (als het hammondorgel en de ondionline). Deze kunnen meestal direct op de microfoon- of pick-up ingang van de recorder worden aangesloten, waardoor men een zeer goede weergavekwaliteit bereikt. Zangstemmen en andere instrumenten kunnen dan via een normale microfoon worden opgenomen en in de juiste verhouding bijgemengd.

Telefoongesprekken

Soms kan het zeer gewenst zijn belangrijke telefoongesprekken, b.v. met familie in het buitenland, zakengesprekken die men ook aan zijn compagnons of medewerkers wil laten horen, orders, enz., op band vast te leggen (zie Foto 19). Men kan dit met behulp van elke bandrecorder of magnetische dicteermachine doen, mits men de beschikking heeft over een telefoonspoel. Deze bestaat gewoonlijk uit een inductiespoeltje van koperdraad, al of niet voorzien van een ijzerkern. De spoel is gemonteerd in een huisje, dat meestal met een zuignap aan een telefoontoestel kan worden bevestigd.

Verder is de spoel voorzien van een snoer met een steker voor de microfoonaansluiting van de recorder. Zij reageert niet, zoals een microfoon, op luchtrillingen, maar, evenals een weergeefkop van een recorder, op magnetische velden. In een telefoontoestel zijn twee zulke velden te vinden, die in aanmerking komen om met behulp van een spoel te worden afgeluisterd. Zij ontstaan door de spraak aan beide zijden van een telefoonverbinding. Het ene veld bevindt zich doorgaans in de linker achterhoek van het toestel zelf en wordt veroorzaakt door de strooiing van een daar aanwezige transformator; het tweede is in de omgeving van de hoorschelp. Men zal van te voren moeten vaststellen welke van de twee plaatsen zich het best leent voor het bevestigen van de zuignap; volg vooral de gebruiksaanwijzing voor de telefoonspoel stipt op. In sommige toestellen is een speciale schakeling aangebracht, die ervoor zorgt dat de eigen stem niet te luid wordt opgenomen, zodat men dan het eigenaardige verschijnsel krijgt, dat de „andere” stem beter opgenomen wordt.

Bromvelden van wisselstroommotoren en transformatoren kunnen storing veroorzaken; zet daarom de recorder zo ver mogelijk van de telefoonspoel vandaan.

XV. HET WEERGEVEN IN DE PRAKTIJK

In het hoofdstuk over luidsprekers is er op gewezen dat, afhankelijk van het soort geluid, de sterkte ervan en de gewenste verdeling, het resultaat niet alleen wordt bepaald door het type luidspreker en het klankbord of de klankkast, maar ook door het vermogen dat aan de luidspreker(s) wordt toegevoerd. Wij hebben in dat hoofdstuk verkondigd: natuurgetrouwe weergave van lage tonen kost veel geld aan luidspreker, kast en werk.

Daarbij hebben wij de invloed van de versterker en de microfoon buiten beschouwing gelaten. Aangezien echter een ketting zo sterk is als zijn zwakste schakel, is het duidelijk dat, wil de luidspreker in staat zijn natuurgetrouw weer te geven, ook de versterker en de microfoon hierbij een woordje meespreken.

Beschouwen wij nu een recorder uit de lage prijsklasse, dan zal het duidelijk zijn dat men aan de luidspreker en de microfoon niet veel geld kan besteden. Dit geldt temeer omdat deze recorders niet te groot mogen worden, wat ook al het gebruik van een grote versterker en een grote luidspreker onmogelijk maakt.

De fabrikanten van recorders voorzien daarom hun apparaten uit de lage prijsklasse van een kleine luidspreker en een „krachtversterker” die meestal tussen 2 en 4 watt vermogen kan leveren. Door een geschikte keuze van luidspreker en het ophalen van de lage tonen gedurende het weergeven, tracht men dan de geluidskwaliteit zo goed mogelijk te maken. Hierbij zal een zekere persoonlijke of nationale smaak van invloed zijn.

Weergave via de ingebouwde luidspreker

Wij kunnen in het algemeen zeggen dat met behulp van de ingebouwde luidspreker meestal de maximale geluidskwaliteit die de versterker kan leveren niet wordt bereikt. Vooral de lage tonen komen bij deze luidspreker in het gedrang, terwijl de geluidsterkte uitsluitend geschikt is voor huiskamers of betrekkelijk kleine zaaltjes. Wordt de weergave te hard, dan begint de luidspreker vervorming te vertonen, wat het eerst wordt waargenomen in het lage-tonen register.

Recorders uit de hoge prijsklasse hebben vaak wel grotere luidsprekers of een aantal kleine luidsprekers en een versterker die 8–15 watt vermogen leveren kan.

Foto 15 laat een luidsprekercombinatie zien die in het deksel van een recorder is aangebracht. De combinatie bestaat uit een lage-tonen luidspreker en twee hoge-tonen luidsprekertjes. Het deksel is vrij groot, zodat

tevens door de 15 watt versterker van de desbetreffende recorder een uitstekende lage-tonen weergave bereikt kan worden in de huiskamer of in zaaltjes met 200 à 300 zitplaatsen.

Het weergeven via een radio-ontvanger

In de huiskamer kan men zonder extra kosten gebruik maken van de eindversterker en de luidspreker van een ontvanger, vooral als dit een toestel van vrij grote afmetingen is, en meer in het bijzonder wanneer dit een toestel is met Bi-Ampli uitgang. De recorders zijn meestal voorzien van een speciale uitgang voor het aansluiten van een tweede versterker. Door deze uitgang te verbinden met de pick-up ingang of de speciale recorderaansluiting van de ontvanger, kan men via de ontvanger weergeven. Hierbij kan de luidspreker van de recorder al of niet automatisch worden uitgeschakeld.

Het weergeven via een extra luidspreker

Praktisch elk type recorder is voorzien van aansluitklemmen voor een tweede luidspreker. Meestal wordt dan de luidspreker van de recorder automatisch uitgeschakeld. Indien de extra luidspreker de goede impedantie heeft en van betere kwaliteit is dan de ingebouwde luidspreker, kan men een belangrijke geluidsverbetering bereiken. Ook kan men de luidspreker opstellen op de plaats die voor een goede weergave of geluidverdeling het gunstigst is.

Het weergeven via een „high-fidelity” installatie

Indien men een recorder heeft die hi-fi kwaliteit kan leveren, is het aansluiten hiervan op een hi-fi versterkinstallatie vaak van groot belang, omdat men dan pas van deze goede kwaliteit kan profiteren.

Wat men onder hi-fi kwaliteit verstaat is niet eenvoudig onder woorden te brengen. Ook zijn er vele andere benamingen voor een goede geluidsweergave „uitgevonden”, als True Fidelity, Pleasant Fidelity, enz. Al deze namen beogen de luisteraar ervan te overtuigen dat de desbetreffende geluidsinstallatie een weergave garandeert die de werkelijkheid dicht benadert. Wij zijn echter bij het beluisteren van een opname altijd afhankelijk van de plaatsing van de microfoon voor de geluidsbron, van de akoestiek van de zaal waarin de opname wordt gemaakt en van de akoestiek van de ruimte waarin de weergave plaats heeft. Aangezien hierbij vaak persoonlijke smaak invloed uitoefent, is het zeer moeilijk vast te stellen of een bepaalde weergavekwaliteit hi-fi genoemd mag worden of wat dan ook. Eén demonstratie van hi-fi weergave is dan ook om de genoemde redenen zeker nooit beslissend voor de kwaliteit van een installatie.

Voorts kunnen de soort muziek of de opvatting van de dirigent fysiologisch op ons van invloed zijn. Hoe het ook zij, via een installatie van goede kwaliteit zal de weergave beter klinken dan via de versterker en de luidspreker van de meeste recorders.

Het weergeven via een versterkinstallatie

In vele gevallen kan het groote voordelen hebben indien complete programma's van tevoren op band worden opgenomen en via de versterkinstallatie worden weergegeven. Dit is vooral van belang bij programma's die bij voorbeeld dienen voor warenhuizen, muziek bij het werk, sportvelden, festiviteiten, danszalen, aan boord van schepen, voor ziekenhuizen enz.

Deze programma's kunnen dan met zorg worden voorbereid, eventueel rouleren en voor hergebruik worden bewaard.

In het algemeen zal het mogelijk zijn om op plaatsen waar normaal een platenspeler wordt gebruikt, deze te vervangen door of aan te vullen met een recorder. Het opnemen van bovenbedoelde programma's kan dan de bediening van de installatie belangrijk vereenvoudigen.

XVI. DE DICTEERMACHINE

Het is niet te verwonderen dat het magnetisch registratieproces ook wordt toegepast voor dicteren omdat dit systeem geen materiaalverbruik met zich brengt en omdat op eenvoudige wijze correcties kunnen worden aangebracht.

De eerste dicteermachines gebruikten wasrollen waarin een spiraalvormige groef werd gesneden. Wanneer de rol gebruikt was, kon men op een schaafmachine een laagje was afschaven, waarna de rol weer voor een nieuwe opname kon dienen. Dit kon men herhalen totdat de waslaag was opgebruikt. Deze machines ziet men nog op sommige kantoren. Men heeft natuurlijk gezocht naar allerlei andere systemen voor dicteermachines, en toen het magnetisch systeem zijn intrede deed, zijn talrijke typen dicteermachines in de handel gekomen, die alle min of meer geschikte eigenschappen bezitten.

In het hoofdstuk over de geschiedenis van magnetische recording blijkt, dat de eerste bruikbare magnetische recorders als dicteermachines dienst deden. Dit is zeer begrijpelijk als men bedenkt dat het geruis en de vervorming van deze apparaten zo groot waren, dat muziekopnamen nog niet met succes konden worden gemaakt. Sindsdien is de ontwikkeling van de dicteermachine steeds voortgeschreden. De bruikbaarheid is verbeterd, en vooral de prijs is steeds gunstiger geworden.

Hoewel het principe van de meeste dicteermachines dus op het magnetisch proces berust, zijn de media vaak zeer verschillend. Er zijn vier basisvormen van deze media aan te wijzen: *draad*, *platen*, *vellen* en *band*.

Het voordeel van draad is dat het weinig ruimte inneemt en toch een lange speeltijd geeft. Een nadeel is dat het niet zo handelbaar is als de andere media en alleen bij hoge snelheid een goede kwaliteit kan leveren.

De magnetische plaat vindt tamelijk veel toepassing en wordt in twee uitvoeringen gebruikt:

1. Een stijve plaat (in de vorm van een normale grammofoonplaat), voorzien van een spiraalvormige groef. In de groef loopt een leistung die tot taak heeft de opneem/weergeefkop van buiten naar binnen over het plaatoppervlak te bewegen. Met behulp van een drukknop en een relais kan de kop een toer terug geplaatst worden of de plaat een eind terug gedraaid worden.

2. Een dunne papieren of plastic plaat, bedekt met een magnetisch gevoelige laag zonder groef. In het midden van de plaat wordt op de draaitafel van de dicteermachine een stevige plaat gelegd, met een groef waarin weer een leipen loopt die de magneetkop over de magnetische plaat geleidt.

Het voordeel van de tweede uitvoering boven de eerste is, dat de platen minder ruimte innemen, goedkoper zijn, en opgevouwen kunnen worden voor verzending.

Ook een dergelijke machine is meestal voorzien van een automaat, waardoor na indrukken van een knop de magneetkop één toer terugspringen kan.

De machine die met een vel als opneemmedium werkt, heeft een rol waarop dit vel wordt gewikkeld, waarbij het begin en het eind elkaar iets overlappen. De rol draait rond terwijl de magnetische kop met behulp van een schroefspil langzaam van links naar rechts schuift.

Gedurende het opnemen wordt een spiraalvormig geluidsspoor op het blad geschreven. Ook bij deze recorder kan de kop sprongsgewijze telkens één toer worden teruggeschakeld. Een variatie op het losse blad is die waarbij het blad is uitgevoerd als manchets, die met behulp van een extra as strak om de rol gehouden wordt.

Bladen en manchets worden ook in een van tevoren gegroefde uitvoering gebruikt, waardoor het koptransportmechanisme veel eenvoudiger van constructie wordt.

Het laatste type dicteermachine maakt gebruik van normaal magneetband. Het band kan op spoelen gewikkeld of in een cassette aangebracht zijn. Het mechanisch aandrijven kan bij bandtransport op verschillende manieren geschieden, en wel met behulp van een normale toonas en aandrukrol of doordat de opwikkelspoel met constante snelheid wordt aangedreven. In het laatste geval is de constructie belangrijk eenvoudiger en goedkoper dan in het eerste. Bij deze constructie is de bandsnelheid niet constant, maar zij wordt groter met het toenemen van de spoeldiameter. Bij een dicteermachine is dit geen bezwaar.

Wij zullen nu in het kort eens nagaan aan welke eisen een dicteermachine moet voldoen om een prettige hulp te zijn tussen degene die dicteert en de typiste. Men moet zich bij het dicteren in de machine van één ding bewust zijn: het is absoluut nodig dat men vóór het dicteren de vast te leggen zin goed overdenkt, zodat deze voor de typiste volkomen duidelijk is. Ook dient men moeilijke woorden te spellen en vooral niet te vlug doch duidelijk te spreken. Versprekingen kunnen op eenvoudige wijze worden gecorrigeerd, zodat de typiste bij een goed dictaat zonder fouten en moeilijkheden kan werken. Een dicteermachine kan dus veel tijd en geld sparen, mits zij betrouwbaar, duidelijk verstaanbaar en dus niet vermoeiend is, gemakkelijk is te bedienen, weinig ruimte inneemt, licht van gewicht en goedkoop is.

Ook is van belang dat het aanbrengen van het opneemmedium eenvoudig is en dat het verbruik ervan tot een minimum wordt beperkt, zodat

het gebruik slechts zeer lage kosten met zich brengt. Interessant begint een dicteermachine vooral te worden als zij met behulp van geringe hulpmiddelen ook voor andere doeleinden kan worden gebruikt.

Er volgt thans een beschrijving van de zeer goede, uiterst betrouwbare, kleine en goedkope dicteermachine van Philips (Foto 28). Deze dicteermachine heeft als recording medium een band van 65 m lengte, die in een eenvoudige cassette is opgeborgen, waardoor het opleggen van de band in de machine met één handbeweging geschiedt. Ook het verwijderen is zeer eenvoudig. Het bevestigen van de band in de spoel is dus geheel vervallen. De band blijft trouwens, wanneer de spoel geheel is afgewikkeld, vastzitten. Het rechter spoeltje van de cassette wordt door de machine gedurende het dicteren of terugluisteren met een constante snelheid aangedreven, zodat 65 m band in 20 minuten door de machine loopt. Is het eind van de band bereikt, dan draait men de cassette eenvoudig om, en kan opnieuw 20 minuten gedictieerd of afgeluisterd worden.

De typiste kan op eenvoudige wijze het begin van bepaalde brieven vinden, omdat degene die dicteert de beschikking heeft over speciale stroken notitiepapier waarop de gewenste aanwijzingen voor de typiste kunnen worden aangebracht.

Om dit terugzoeken te vergemakkelijken, is de machine voorzien van een telwerk dat bij het begin van een band op 0 wordt gezet. De stand van het telwerk kan bij het begin van elke brief op het notitiestrookje worden aangegeven.

De bediening van de Philips dicteermachine is zeer eenvoudig, doordat er slechts drie bedieningsknoppen en een gecombineerde netschakelaar/volumeregelaar aanwezig zijn. De microfoon is voorzien van een drukknopschakelaar voor het starten en stoppen van het bandtransport en kan tevens worden gebruikt als controleluidspreker. De typiste heeft de beschikking over een voetschakelaar voor het starten en stoppen van het bandtransport en voor het terugwikkelen van de band. De typiste kan, indien een voetschakelaar bezwaren oplevert, gebruik maken van een toetsenbord, dat zij voor de schrijfmachine kan plaatsen. Zij heeft voor het afluisteren de keuze uit een licht-gewicht hoofdtelefoon of een kleine luidspreker. Met behulp van de volumeregelaar van de dicteermachine kan de geluidsterkte naar behoefte worden ingesteld. Door middel van een speciaal hulpapparaat kan de dicteermachine worden aangesloten op de telefoonlijn, voor het beantwoorden van telefoonoproepen indien men niet aanwezig is. Voor deze aansluiting is meestal vergunning van de telefoonautoriteiten nodig. Men verwisselt eenvoudig de normale cassette tegen

een speciale cassette met een eindloze band met een speeltijd van ongeveer 40 seconden. Wordt het desbetreffende nummer opgebeld, dan begint de eindloze lus te lopen en hoort degene die oproept wat op deze lus is opgenomen.

Is de lus eenmaal rondgelopen, dan wordt ze automatisch gestopt en wordt de verbinding verbroken. Men kan zelf op deze lus registreren wat men wenst.

Door deze extra mogelijkheid is de waarde van de dicteermachine belangrijk gestegen en is tevens een ander afzetgebied ontstaan. Een bekende toepassing is onder andere het bedankje dat sommige automaten geven als men hieruit bijvoorbeeld een pakje sigaretten haalt.

XVII. STEREOFONIE

Naar betere kwaliteit

Wij doelen hier op kwaliteitsverbetering die niet verkregen kan worden door een uitgebreider frequentiegebied of geringere vervorming.

Bij de inleiding over het opnemen in de praktijk is er reeds op gewezen, dat wij met onze twee oren in staat zijn de richting te bepalen waaruit bepaalde signalen komen; wij kunnen zelfs de afstand van geluid bepalen. Dank zij deze vermogens, kunnen wij ons op bepaalde geluiden concentreren, daarmee als het ware andere geluiden buiten ons gehoor bannend. Deze vermogens verdwijnen echter zodra wij met behulp van een of meer microfoons op één geluidsspoor een opname maken en deze daarna over een of meer luidsprekers weergeven (Fig. 144).

In publicaties leest men soms dat ruimtelijke (stereofonische) weergave verkregen kan worden door de lage en de hoge tonen gescheiden weer te geven. Het weergeven van één geluidsspoor via een hoge- en een lage-tonen luidspreker geeft wel soms de indruk van een natuurlijker en dus verbeterde weergave, omdat men de hoge en de middellage tonen van verschillende plaatsen hoort komen. De laagste tonen hebben geen richt-effect, en deze hoort men praktisch onder alle omstandigheden niet uit een bepaalde richting komen. Het kan echter bij deze wijze van kwaliteitsverbetering voorkomen dat bij voorbeeld de stem van een zanger die in werkelijkheid stil staat, zich als het ware rusteloos tussen de hoge- en de lage-tonen luidspreker heen en weer beweegt. Dit kan op de luisteraar vermoeiend werken, en deze methode van kwaliteitsverbetering is dan ook meestal geen onverdeelde succes.

Stereofonie

De theoretisch enig juiste methode voor het verbeteren van kwaliteit is het geluid stereofonisch op te nemen en weer te geven.

In het hoofdstuk „Het Geluid Vastgelegd” hebben wij het principe van ons gehoor en de oorzaken die ons in staat stellen de richting van een geluid te bepalen reeds genoemd.

Wij ontvangen in onze oren een geluidsindruk die voor het linker oor anders is dan voor het rechter. Tussen deze door het linker en het rechter oor waargenomen geluidsindrukken kunnen intensiteits-, fase- of tijdsverschillen bestaan, die elk of gezamenlijk een zekere invloed hebben op onze richtingswaarneming. Hierdoor zijn wij in staat de richting te bepalen van

praktisch alle geluiden die om ons heen klinken. Zodra wij het gehoor van een van onze oren moeten missen, houdt het richtingswaarnemen op, en daarmee wordt ook de kwaliteit (natuurgetrouwheid) minder. Dit geldt

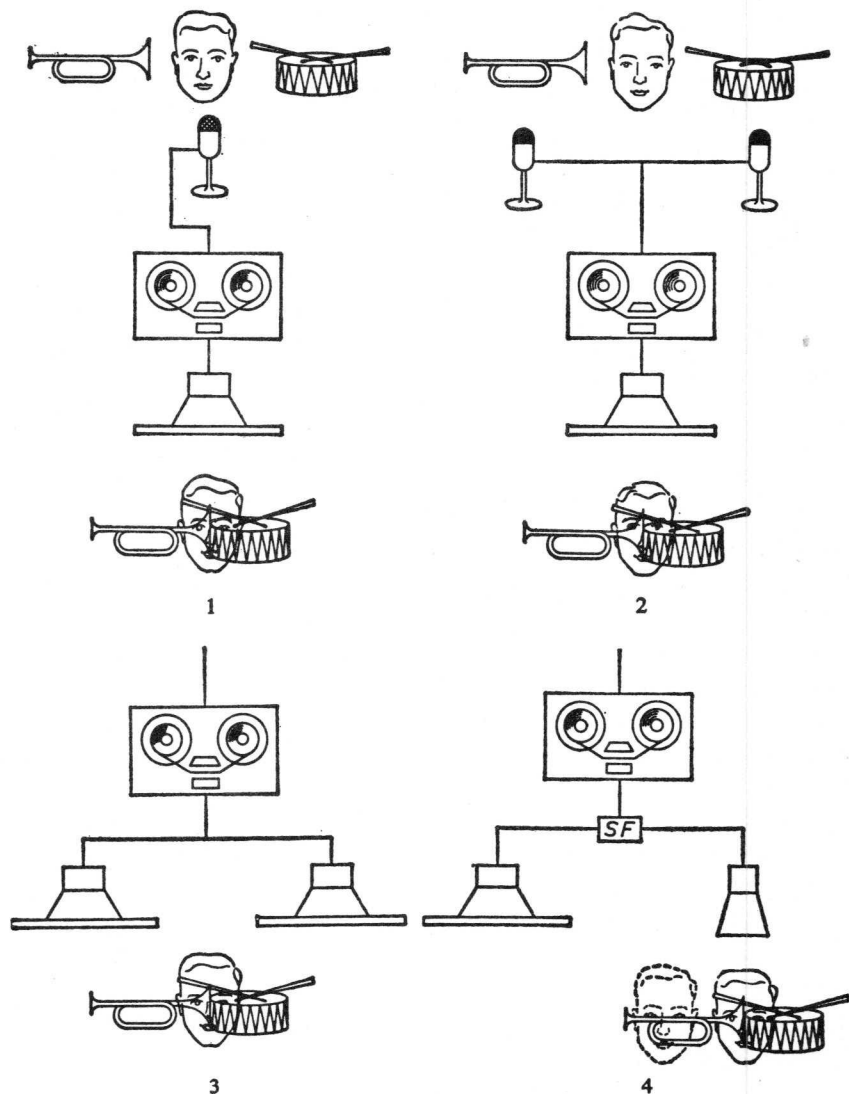


Fig. 144. Schematische voorstellingen van microfoon- en luidsprekeropstellingen waarmee geen stereofonisch effect wordt verkregen. 1. Een monorale recorder met één microfoon en één luidspreker geeft geen stereofonische weergave. 2. Een monorale recorder met twee microfoons parallel en één luidspreker geeft geen stereofonie. 3. Een monorale recorder met twee luidsprekers parallel geeft geen stereofonie. 4. Een monorale recorder met een hoge- en een lage-tonen luidspreker (gescheiden weergave) geeft geen stereofonie. SF scheidingsfilter.

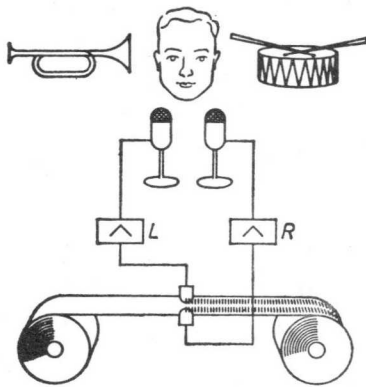


Fig. 145. Een stereofonische opname ontstaat, indien met behulp van twee microfoons, twee versterkers en twee magneetkoppen, twee geluidssporen worden opgetekend. *L* linker kanaal, *R* rechter kanaal.

zelfde indruk als oorspronkelijk de twee microfoons. Wij hebben dan stereofonische weergave verkregen, waarbij het richting-horen behouden is gebleven.

Het gebruik van hoofdtelefoons levert in de praktijk bezwaren op, en het is dan ook een geluk te noemen dat ook met twee luidsprekers die op een geschikte wijze zijn opgesteld, een duidelijke stereofonische kwaliteitsverbetering is te bereiken (Fig. 146).

De opstelling van de luidspreker moet per geval serieus worden uitprobeerd, om het stereofonisch effect zo gunstig mogelijk te laten uitkomen.

Aan een goede stereofonische geluidswaergave stelt men als eis, dat de richtingen van de geluiden van bij voorbeeld een viool, een piano of een zangeres, zoals deze uit de luidsprekers tot de luisteraar komen, overeenstemmen met de richtingen waaruit deze geluiden de stereomicrofoons bereiken; men noemt dit wel de *localisatie*.

Verder moet de *realisatie* zo goed mogelijk zijn. Dit wil zeggen, dat de ruimtelijke indruk van de waergave zo goed mogelijk met de werkelijkheid overeen moet stemmen.

Om een goede localisatie en realisatie te bereiken, moet men speciale eisen stellen aan de te gebruiken microfoons en luidsprekers en aan hun opstelling. Intensiteits-, tijds- en faseverschillen van de in de microfoons opgewekte wisselstroompjes spelen hierbij, zoals we reeds zeiden, een belangrijke rol. Voor een goede stereofonische waergave moeten deze verschillen ongewijzigd door de luidsprekers worden waergaveven. Treft een

eveneens voor een geluid dat via één geluidsspoor wordt geregistreerd en gereproduceerd. Voor het opnemen van stereofonische geluiden zal men gebruik moeten maken van twee gescheiden registraties, waarbij op het ene spoor het geluid wordt opgetekend dat wordt waargenomen door de microfoon die het linker oor vervangt, en op het andere geluidsspoor het geluid dat wordt waargenomen door de microfoon die het rechter oor vervangt. (Fig. 145). Worden beide geluidssporen tegelijk waergaveven via twee hoofdtelefoonschelpen, dan krijgen onze beide oren dezelfde

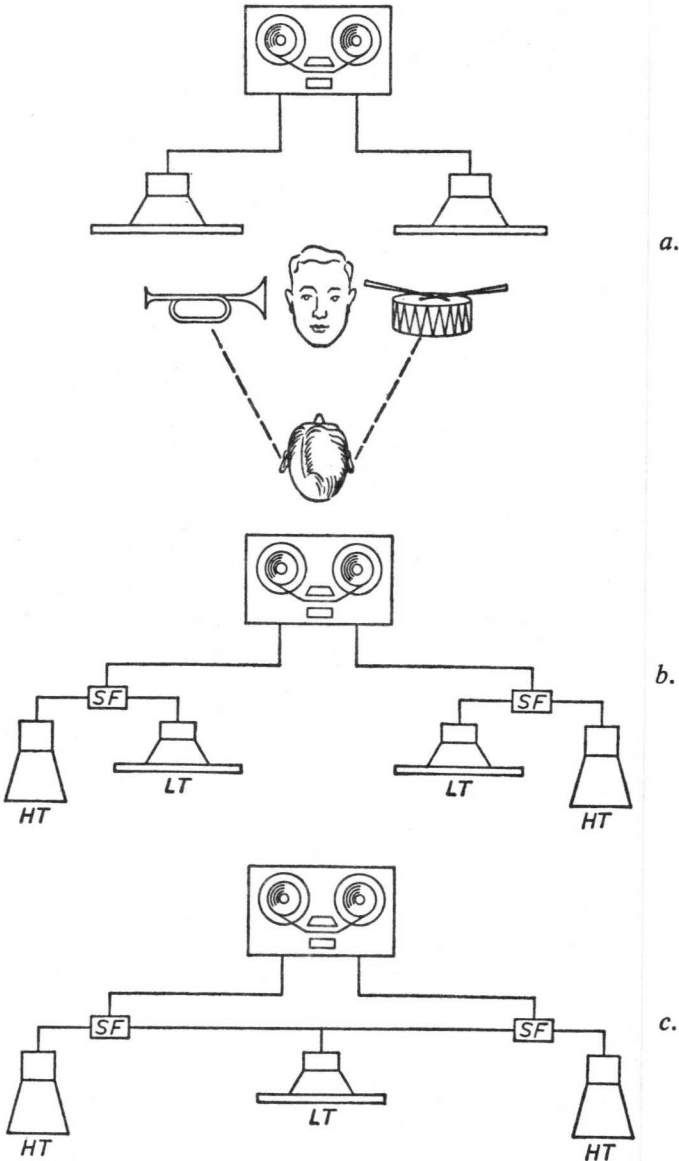


Fig. 146. *a.* Een stereofonische opname gemaakt volgens Fig. 145 geeft met behulp van twee weergeefkoppen, twee versterkers en twee luidsprekers een stereofonische geluidswaergave; *b.* De linker en de rechter luidspreker uit Fig. *a* zijn vervangen door een hoge- en een lage-tonen luidspreker. Het stereofonisch effect blijft bestaan; de weergavekwaliteit is verbeterd; *c.* De beide lage-tonen luidsprekers uit Fig. *b* vervangen door een luidspreker geeft geen verandering van het geluidsbeeld (de lage tonen hebben geen richteffect). SF scheidingsfilter, LT lage-tonen luidspreker, HT hoge-tonen luidspreker.

geluid de linker microfoon met grotere sterkte dan de rechter microfoon, dan moet ook het weergegeven geluid van de linker luidspreker evenveel sterker zijn dan dat van de rechter. De toehoorder zal dan het geluid uit dezelfde richting waarnemen als wanneer hij zich op de plaats van de microfoons had bevonden.

Het tijdsverschil speelt, ook bij onze gehoorindruk, een grote rol. Indien bij voorbeeld twee geluidsimpulsen van gelijke toonhoogte uit twee richtingen ons gehoor naderen, maar de ene impuls treft ons gehoor een aantal miliseconden eerder dan de tweede, dan bepaalt de eerst aankomende impuls de richting waaruit wij het geluid horen (Haas-effect). Deze richtingsindruk blijft zelfs gehandhaafd indien de tweede impuls belangrijk sterker is dan de eerste; weliswaar neemt hierbij de totale geluidsindruk toe, maar de richtingsindruk blijft bepaald door de richting waaruit de eerste impuls komt.

Komen de in beide stereo-microfoons opgewekte wisselstroompjes met elkaar in tegenfase, dan werken ook de beide luidsprekers in tegenfase, waardoor het scherpe richting-horen vervaagt en de stereofonische weergave onaangenaam klinkt. Het is daarom noodzakelijk ervoor te zorgen, dat de linker en de rechter luidspreker een geluid, dat in fase de beide microfoons treft, ook in fase wordt weergegeven.

Voor het maken van stereofonische opnamen zijn er verschillende systemen voor het opstellen van de microfoons, die afhankelijk zijn van de akoestische eigenschappen van deze. We zullen achtereenvolgens drie systemen bespreken.

Microfoons met kogelkarakteristiek

Twee van deze microfoons worden op een bepaalde afstand van elkaar geplaatst, al of niet met een scheiding ertussen (Fig. 147a, b en c); men noemt dit het A/B systeem.

Bij toepassing van het systeem volgens Fig. 147a moet de onderlinge afstand van beide microfoons vrij groot zijn om aan de localisatie-eis te voldoen. Een goede realisatie bereikt men bij deze opstelling meestal niet.

Wordt tussen beide microfoons een schot aangebracht, dat aan weers-

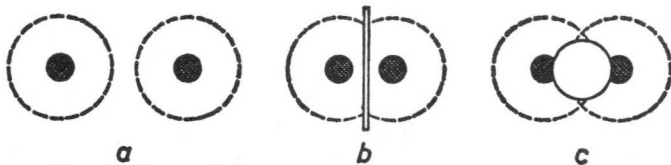


Fig. 147. Stereofonische microfoon bestaande uit twee microfoons met kogelkarakteristiek. *a.* Twee microfoons op vrij grote afstand; *b.* Twee microfoons op ongeveer 30 cm afstand gescheiden door een akoestisch scherm; *c.* Twee microfoons in een kunsthoofd.

zijden is voorzien van geluidabsorberend materiaal, dan kan de microfoonafstand veel kleiner zijn en wordt meestal ook beter aan de realisatie-eis voldaan (Fig. 147b). Met behulp van een kunsthoofd kan men soms de beste resultaten verkrijgen (Fig. 147c). Aangezien de microfoons met kogelkarakteristiek drukmicrofoons zijn, zullen drukverschillen aan beide microfoons bij hogere frequenties slechts bij benadering aanwezig zijn. Dit is het gevolg van de afscherpende werking van het kunsthoofd, het afnemen van de rondom-gevoeligheid van de microfoons bij toenemende toonhoogte van het geluid en verschillen in de tijden van aankomst van de geluidsgolven.

Zodra de golflengte van de toon gelijk is aan vier maal de diameter van het kunsthoofd, zijn de door de microfoons opgenomen signalen in tegenfase, waardoor het stereofonisch effect verloren gaat.

Door de microfoons dicht bij elkaar te plaatsen, kan men toch nog bruikbare resultaten verkrijgen, maar ideaal is deze methode in de praktijk toch niet.

Microfoons met gelijke richtingsgevoeligheid

Voor het verkrijgen van de beste stereofonische resultaten, is het noodzakelijk dat de microfoons dezelfde richtingskarakteristieken hebben en dat zij zo dicht mogelijk bij elkaar worden geplaatst.

Proeven hebben uitgewezen, dat men de richtmicrofoons vlak naast elkaar of vlak boven elkaar moet opstellen; de laatste methode is het meest aan te bevelen.

De hoek tussen de assen van de grootste gevoeligheid van de beide microfoons zal naar gelang de gewenste „opvanghoek” tussen 0° en 180° liggen.

Bij nul graden is het „stereofonisch effect” nihil en zijn beide microfoons te beschouwen als één microfoon. Door een van beide microfoons draaibaar op te stellen, kan men elke gewenste hoek tussen 180° en 0° kiezen.

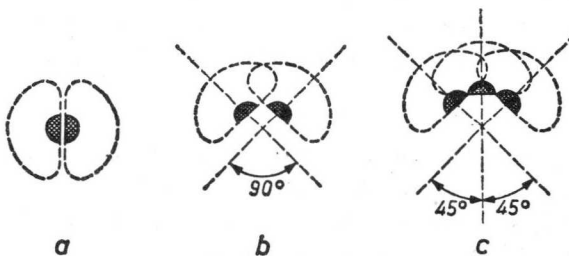


Fig. 148. Stereofonische microfoon bestaande uit twee cardioïde microfoons. a. Onder 180° ; b. onder 90° ; c. drie microfoons onder 45° onderling.

Wenst men een groot orkest op te nemen, dan moeten de microfoons een grote hoek met elkaar maken. Onder ongunstige akoestische omstandigheden (reflecties van de wanden), geeft een kleine opvanghoek een beter stereofonisch effect. Met het stijgen der geluidsfrequenties wordt de gevoeligheidshoek van de linker en de rechter helft van de stereo-microfoon kleiner, met als gevolg dat tussen de microfoons een gebied ontstaat waarin geluiden met hoge frequenties zwak of in het geheel niet worden opgenomen. Hierdoor ontstaat dus voor deze frequenties een „gat” in het midden van het geluidsfront. Hoe kleiner echter de opvanghoek van de microfoons, des te kleiner zal ook dit „gat” zijn (Fig. 148a en b).

Bij professionele stereomicrofoons past men daarom (en om andere redenen) nog wel eens een derde microfoon toe, die er voor zorgt, dat het „hoge-tonen gat” niet ontstaat (Fig. 148c).

Microfoons met verschillende richtingskarakteristieken

Hierbij maakt men gebruik van een cardioïde microfoon en een microfoon met acht-vormige gevoeligheidskarakteristiek. De richting van de as van grootste gevoeligheid van de cardioïde microfoon moet loodrecht op



Fig. 149. Stereofonische microfoon, bestaande uit een combinatie van een microfoon met acht-vormige karakteristiek en een microfoon met eenzijdige gevoeligheid, voor professionele toepassingen.

gemaakt kan worden. De opvanghoek wordt om praktische redenen op $\pm 90^\circ$ ingesteld. Met deze hoek kunnen redelijke geluidsfrontbreedten worden opgenomen, terwijl het „gat-effect” in de praktijk onmerkbaar blijkt.

de acht-vormige gevoeligheidskarakteristiek staan. Deze methode heet M/S systeem (Fig. 149). Bij dit microfoonstelsel ontstaat er bij het weergeven geen gat in het midden van het geluidsbeeld.

Voor het gebruik met huiskamerrecorders voor stereofonische opname komt de microfoon volgens systeem X/Y het meest in aanmerking (Fig. 148b), omdat dit type microfoon vrij goedkoop en klein

De recorder voor het opnemen en weergeven van stereofonisch geluid

Een stereo-recorder is voorzien van een dubbel stel versterkers voor het opnemen en weergeven van de signalen die de beide microfoonstelsels opvangen of door de stereo pick-up worden afgegeven. De magneetkopen zijn dubbel uitgevoerd. Er worden twee geluidssporen tegelijk opge-

nomen. Voor het weergeven dienen twee afzonderlijke versterkers en twee luidsprekers.

De beide wis- en opneemkoppen van een stereo-recorder krijgen hun wisselstroom, resp. voormagnetiseringsstroom van één enkele hoogfrequentie-oscillator, zodat geen interferentietonen kunnen ontstaan door verschillen in frequenties van twee afzonderlijke oscillatoren.

De beide microfoonregelaars van de opneemversterkers worden meestal van een gemeenschappelijke bedieningsknop voorzien, waardoor gedurende de regeling de sterkte van beide geluidskanalen steeds gelijk blijft, wat een eerste vereiste is voor het verkrijgen van een goede stereo-opname (localisatie).

De beide weergeefversterkers hebben elk een geluidssterkteregelaar; deze regelaars hebben een gemeenschappelijke regelknop, waardoor de instelling van de weergavesterkte van beide kanalen automatisch gelijk blijft; aldus behoudt het geluidsbeeld gedurende de sterkteregeling zuiver zijn plaats (localisatie).

Praktisch is een balansregelaar. Hiermee is het mogelijk het geluidsbeeld tussen de luidsprekers naar behoefte naar links of rechts te verschuiven. Dit kan nodig zijn om sterkteverschillen tussen de beide geluidskanalen te compenseren. Bij sommige recorders laat men deze balansregelaar om economische redenen weg; de balans wordt dan ingesteld door het regelen van de sterkte van een aangesloten versterker of radio-ontvanger.

De luidsprekeropstelling voor stereofonische weergave

Voor het verkrijgen van het juiste stereofonische geluidsbeeld gedurende het weergeven is het een vereiste dat een geluid dat de linker microfoon met grotere sterkte treft dan de rechter, ook door de linker luidspreker evenveel sterker wordt weergegeven als door de rechter. De luisteraar die zich in het midden voor de beide luidsprekers bevindt zal dan het gereproduceerde geluid uit precies dezelfde richting horen komen alsof hij het waarnam op de plaats waar de microfoon zich bevond.

Indien de versterking van een der beide kanalen 10 % terugloopt (± 1 dB), kan, als de luidsprekers 5 meter uit elkaar staan, reeds een verschuiving optreden van 50 cm. Dit verklaart ook het verschijnsel dat, wanneer men zich niet in het midden tussen twee luidsprekers bevindt, men de indruk krijgt dat het geluidsbeeld naar de dichtstbijzijnde luidspreker verschoven is. Hoe dichter men zich namelijk bij een luidspreker bevindt, hoe sterker de geluidsindruk van deze luidspreker wordt. Door speciale luidsprekeropstellingen en door gebruik te maken van luidsprekers

met richteffect, is het mogelijk deze verschuiving belangrijk te verminderen.

Het is duidelijk dat, om een behoorlijk stereofonisch effect te verkrijgen, de luidsprekers betrekkelijk ver uit elkaar moeten worden opgesteld. Met twee luidsprekers in een recorder bij voorbeeld op ± 50 cm afstand van elkaar, bereikt men geen overtuigend stereo-effect. De afstand moet liefst 2,5 m bedragen. De luidspreker van een recorder en de luidspreker van een radiotoestel kunnen zover als de kamer het toelaat uit elkaar worden geplaatst; de luidspreker van de recorder moet dan links worden opgesteld, en die van de ontvanger rechts.

Vaak is de recorder voor het rechter stereo-kanaal alleen van een voorversterker voorzien. De lijnuitgang van deze voorversterker kan dan verbonden worden met de p.u. ingang van de ontvanger. De gemeenschappelijke volumeregelaar, en eventueel de balansregelaar, bevinden zich in de recorder, zodat regeling van één punt uit kan geschieden. Is geen balansregelaar aanwezig, dan wordt de geluidssterkte ingesteld met de regelaar van de recorder, en de balans met de regelaar van de ontvanger. Aangezien een recorder meestal voorzien is van een betrekkelijk kleine luidspreker met een vrij slechte lage-tonen weergave, is het aan te bevelen aan de recorder een extra luidspreker van goede kwaliteit aan te sluiten. De beste resultaten verkrijgt met indien ook aan de ontvanger eenzelfde

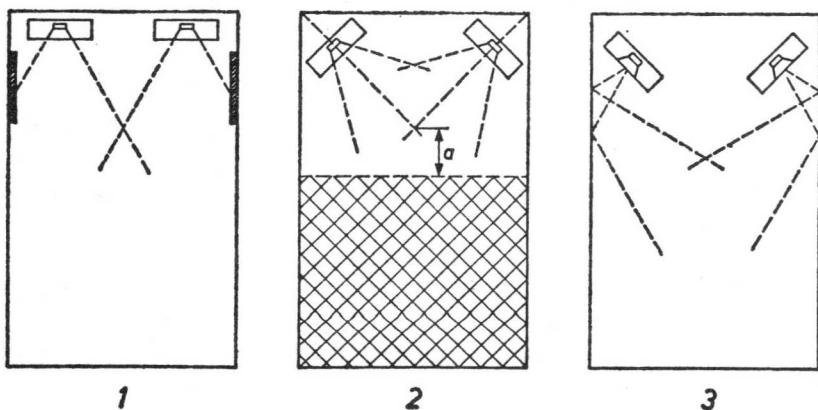


Fig. 150. Opstelling van de linker en de rechter luidspreker voor stereofonische weergave in de huiskamer; 1. Recht naar voren stralend. Ga = geluidabsorberend materiaal; 2. Schuingerichte luidsprekers. De afstand a tussen het denkbeeldige kruispunt van de stralingsassen van de luidspreker en de plaats in de kamer waar een goed stereofonisch effect gehoord wordt bedraagt 1 tot $1\frac{1}{2}$ m. 3. Een luidsprekeropstelling voor kleine kamers. De wanden waartegen de luidsprekers stralen, moeten een goede geluidsreflectie waarborgen.

type extra luidspreker wordt aangesloten; de luidspreker van de ontvanger moet dan worden uitgeschakeld. De ontvanger kan worden vervangen door een versterker of door een zogenaamde luidsprekerversterker, dit is een luidsprekerkast met ingebouwde versterker. Deze combinatie noemt men ook wel „versterkerbox”. Het voordeel van het gebruik van luidsprekerkasten is, dat men de recorder en de ontvanger op hun plaats kan laten staan, terwijl de luidsprekers voor het verkrijgen van het gewenste stereofonisch effect op een daarvoor geschikte plaats kunnen worden opgesteld.

Wij zullen nagaan hoe onder bepaalde omstandigheden de luidsprekeropstelling moet zijn voor het verkrijgen van de beste stereofonische weergave.

De opstelling van de luidsprekers hangt af van de grootte en de akoestische eigenschappen van de ruimte, en er zijn verscheidene mogelijkheden (Fig. 150).

Worden de luidsprekers opgesteld volgens Fig. 150a, dan moet men bij middelgrote kamers oppassen voor reflecties van de wanden naast de luidspreker, omdat hierdoor het stereofonisch effect kan worden bedorven.

Het aanbrengen van gordijnen of zachtboard tegen de wanden kan verbetering brengen. Door de luidsprekers schuin in de hoeken op te stellen, kan men in vele gevallen de beste resultaten bereiken, terwijl dan de kans op reflectie van de wanden gering is (Fig. 150b). In het gedeelte van de kamer dat 1 à 1,5 meter ligt achter het denkbeeldige kruispunt die de stralingsassen van de luidsprekers vormen, wordt een goede stereofonische weergave verkregen. Bij een juiste opstelling beslaat het gebied van de kamer waar een goed stereofonisch effect gehoord wordt ongeveer 70 % van de totale oppervlakte.

In grote kamers zullen de luidsprekers vrij ver van de zijwanden verwijderd kunnen blijven, zodat er dan geen reflectiegevaar bestaat.

In zeer kleine kamers (2×3 m) kan de opstelling van Fig. 150c worden toegepast. De wanden moeten dan geluidreflecterende eigenschappen hebben of met hard materiaal worden bedekt.

Het „nuttige” oppervlak van de kamer bedraagt dan maximaal 50 % van het totale oppervlak.

Zoals reeds vermeld, is het van groot belang dat de fase van de beide luidsprekers gelijk is. Als men hieraan twijfelt, kan men de verbindingsdraden van een der luidsprekers ompolen.

Indien de luidsprekers niet in fase zijn, zal het geluid bij geringe bewegingen van het hoofd sterk heen en weer zwaaien en zelfs een vermoeiende werking op het gehoor veroorzaken.

Het kan noodzakelijk zijn, in bepaalde kamers de luidsprekers niet op de vloer, maar tegen de wand aan te brengen; zij zullen dan iets voorover gemonteerd moeten worden. In elke kamer zal de juiste luidsprekeropstelling proefondervindelijk moeten worden bepaald, waarbij de hier gegeven aanwijzingen als richtlijn kunnen dienen.

Koppen in lijn of verschoven

Er zijn twee methoden om stereofonie weer te geven, nl. met de koppen boven elkaar, dus in lijn (Fig. 151a), of met de koppen ten opzichte van elkaar verschoven (Fig. 151b). Het stereofonisch effect hangt af van verschillende akoestische verschijnselen die door elke microfoon worden opge-

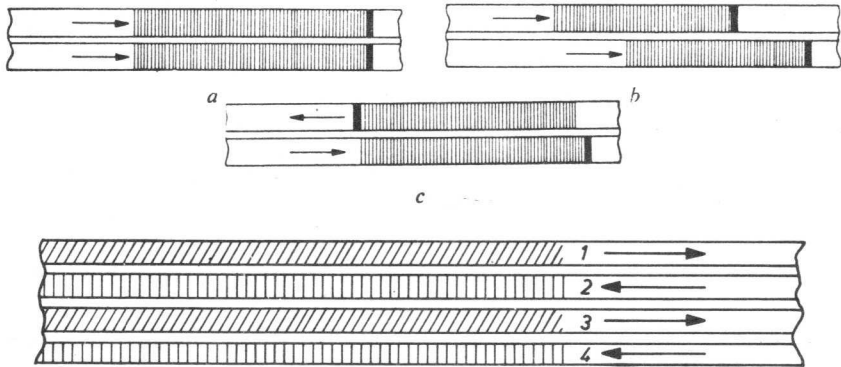


Fig. 151. Fig. a stelt een magneetband voor waarop twee geluidssporen (bij voorb. stereofonisch) zijn opgenomen met behulp van een magneetkop waarvan de spleten in lijn staan.

Fig. b. Idem, echter met de spleten verschoven.

Fig. c. stelt een normale twee-sporen opname voor.

Fig. d. 4-sporen stereoband. Eerst worden spoor 1 en 3 weergegeven en na omdraaien van de band spoor 2 en 4.

vangen, nl. ten eerste de sterkte van het geluid, ten tweede het verschil in fase en ten derde het verschil in amplitude. Vooral het faseverschil is belangrijk.

Indien de weergeefkoppen voor elk kanaal niet precies op dezelfde plaats als de opneemkoppen zijn aangebracht, zal het faseverschil van de twee kanalen verstoord zijn. De enige methode om ervoor te zorgen dat dit faseverschil niet optreedt, is de koppen in lijn te zetten; dit wil zeggen dat de spleten van de twee koppen zuiver gericht boven elkaar moeten staan.

Ook het loodrecht stellen van de luchtspleten is bij dit systeem een-

voudiger, omdat zij beide tegelijk worden ingesteld, zodat geringe afwijkingen voor beide spleten gelijk zijn.

Diffuse nagalm

Een andere methode om tot kwaliteitsverbetering te komen is die waarbij nagalm wordt gebezigd.

Onder diffuse nagalm verstaan we een nagalm die langs kunstmatige weg wordt opgewekt en die over een of meer luidsprekers, die van de toehoorder afgericht zijn, in de afluisterruimte wordt weergegeven.

Deze nagalm verkrijgt men door naast de normale weergeefkop W_1 (Fig. 152) een tweede weergeefkop W_2 met eigen weergeef- en eindversterker aan te brengen. Deze eindversterker voedt de nagalmluidspreker of -luidsprekers. De sterkte van deze weergave kan men nauwkeurig instellen. De weergeefkop W_2 speelt dus de band een klein tijdsverschil later af dan W_1 , en veroorzaakt zo een echo-effect. Door W_2 verschuifbaar te maken, kan men de nagalm variëren. Het resultaat is dat

de ruimte waarin de weergave plaats heeft schijnbaar wordt vergroot.

Door deze nagalm ontstaat de indruk alsof de weergave niet komt uit de luidspreker die met W_1 is verbonden, maar meer ruimtelijk is, zodat een behoorlijke kwaliteitsverbetering optreedt.

Voor elke weergeefruimte moet men, tevens rekening houdend met het soort geluid, de sterkte en de nagalmtijd afzonderlijk op de juiste waarde afstellen.

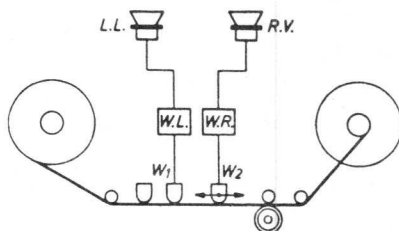


Fig. 152. Schematische voorstelling van een eenvoudige machine voor het weergeven van diffuse en regelbare nagalm. W_1 is de weergeefkop voor normale directe weergave. Het signaal van deze kop wordt versterkt door de weergeefversterker W.L. en door de luidspreker L.L. weergegeven. Magneetkop W_2 dient voor de vertraagde weergave en voedt via de versterker W.R. de nagalmluidspreker R.V. Door verschuiving van kop W_2 kan het effect van de nagalm worden vergroot of verkleind.

XVIII. AMATEURFILMS MET MAGNETISCH GELUID

Smalfilmamateurs hebben de ontwikkeling van de magnetische geluidstechniek met belangstelling gevolgd; zij zagen hierin namelijk een mogelijkheid nog meer genoegen aan hun liefhebberij te beleven.

De industrie brengt op het ogenblik niet alleen 16 mm, maar ook zelfs 8 mm films, die van een magnetisch geluidsspoor zijn voorzien, in de handel. Het geluid moet op dit spoor worden nagesynchroniseerd, d.w.z. aangebracht na de fotografische opname. Hiervoor worden projectoren geleverd die voorzien zijn van een magnetische kop en een versterkgedeelte. Het nadeel van deze constellatie is, dat de tienduizenden amateurs die al een normale, stomme projector bezitten, een veel duurder zouden moeten aanschaffen en hun bestaande films van een magneetspoor moeten laten voorzien, wat ook nog extra kosten met zich meebrengt.

Praktischer is het gebruik te maken van een normale recorder, die al of niet aan de projector kan worden gekoppeld. Het voordeel van deze methode is dat men de recorder ook voor normaal gebruik kan toepassen.

Men kan drie methodes van nasynchronisatie onderscheiden:

1. het geluid is niet zuiver synchroon met het beeld – dit is de goedkoopste methode;
2. het geluid is praktisch synchroon met het beeld, maar niet automatisch geregeld – deze methode kost slechts iets meer dan de vorige;
3. het geluid is zuiver synchroon met het beeld, dank zij een automatisch werkend koppelapparaat – dit is de duurste methode, omdat hiervoor een koppelapparaat en vaak een wijziging aan een bestaande projector nodig zijn.

Niet zuiver synchroon geluid

Bij deze methode is geen hulpapparatuur in gebruik en wordt het geluid opgenomen door projector en recorder te starten en gedurende de projectie de gewenste opname op de band te maken. De minste afwijkingen krijgt men als men de snelheidsregelaar van de projector in de middelste stand heeft gezet en wanneer de projector en de recorder op kamertemperatuur zijn gekomen en ongeveer tien minuten hebben gelopen.

Voor een goede start van de recorder is het gewenst de band duidelijk te markeren; de aanloopfilm voorziet men van een eveneens duidelijk op het projectiescherm zichtbaar teken, b.v. een kruis of een gaatje.

Men schakelt de recorder in en houdt de snel-startknop ingedrukt. Dan schakelt men filmloop in en, zodra het merkteken wordt geprojecteerd,

laat men de band lopen. Is de recorder niet voorzien van een knop voor het snel starten en stoppen, dan zal men van de gewone startknop gebruik moeten maken.

Draai gedurende het opnemen niet aan de snelheidsregelaar van de projector. Let er dan tevens op, dat de microfoon niet te dicht bij de projector staat, zoals men vaak foutief op reclamefolders ziet afgebeeld. Het lawaai van de projector wordt dan veel te sterk opgenomen, hetgeen bij de weergave te voorschijn komt als een hinderlijk achtergrondgeruis. Men kan de storende invloed van het geluid van de projector vermijden door deze in een andere kamer te zetten en dan door een ruit te projecteren. Het weergeven geschiedt op vrijwel dezelfde wijze; alleen moet men erop bedacht zijn dat de snelheden van projector en recorder anders kunnen zijn dan gedurende het opnemen, waardoor geluid en beeld ten opzichte van elkaar kunnen verschuiven. Een van de oorzaken hiervan is een verschil in netspanning of in vochtigheidstoestand; dit laatste kan maken dat de band en de film stroever gaan lopen. Men moet in zulke gevallen de hulp van de snelheidsregeling van de projector inroepen.

Praktisch synchroon, niet-automatisch geregeld geluid

Om dit te bereiken moet men de band- en de filmsnelheid met elkaar vergelijken, wat kan geschieden door middel van een stroboscoopschijf die wordt beschenen door het licht dat via de projectielens naar buiten treedt.

Zulke regelinrichtingen zijn uit te voeren op verschillende manieren:

1. door de toonas van de recorder van een stroboscoopschijf te voorzien (Fig. 153);

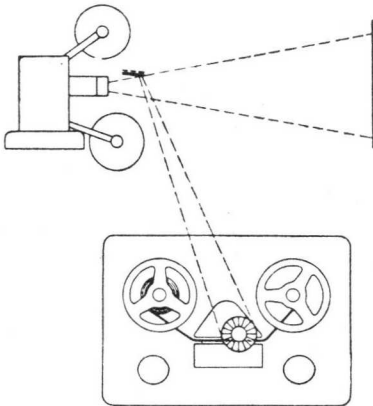


Fig. 153. Het synchroniseren van de snelheid van een magneetband en van een 8 mm film door middel van een stroboscoopschijf op de toonas.

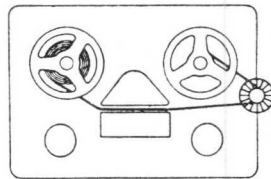


Fig. 154. Het synchroniseren van de snelheid van band en film met behulp van een stroboscoopschijf die door de band wordt aangedreven.

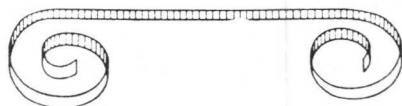


Fig. 155. Magneetband voorzien van een stroboscoopverdeling op de achterzijde.

2. door het maken van een stroboscoopschijfje dat door de band wordt aangedreven (Fig. 154);
3. door gebruik te maken van speciaal band dat van een stroboscoopverdeling is voorzien (Fig. 155).

Men betreft het licht van de projector met behulp van een spiegelkje of een planparallel glaasje en verkrijgt zo een reflectie op de stroboscoopverdeling. Indien men ervoor zorgt dat deze verdeling en het aantal lichtflitsen per tijdseenheid, veroorzaakt door het vlindermechanisme van de recorder, met elkaar in overeenstemming zijn, geeft de schijf een stilstaand beeld. Gaat de snelheid van de band of de film afwijkingen vertonen, dan zal het stroboscopisch beeld gaan draaien. Door de snelheid van de projector te regelen kan men deze draaiing weer opheffen en zo een goede synchronisatie bereiken. Men moet het stroboscopisch beeld echter steeds in de gaten blijven houden! De hulpmiddelen voor de onder 1. en 2. beschreven methodes kunnen door elke amateur op eenvoudige wijze worden vervaardigd.

In het derde geval moet men van speciaal band gebruik maken. Dit wordt door enkele fabrieken in de handel gebracht. De stroboscoopverdeling op de achterzijde van het band moet hierbij door licht uit de lens van de projector worden beschenen.

Ten opzichte van de voorgaande methodes heeft men hier het voordeel, dat de gevolgen van slip zijn geëlimineerd, zoals tussen toonas en band in het eerste, en tussen band en stroboscoopschijf in het tweede geval. Alhoewel deze slip meestal geen hinderlijke vormen aanneemt, verkrijgt men in het derde geval natuurlijk toch een nog hogere graad van nauwkeurigheid.

Automatisch synchroon geluid

Bij de vorenbeschreven methodes voor het synchroniseren van beeld en geluid hangt het grotendeels van de operateur af, of deze synchronisatie slaagt of niet.

De methode die wij thans gaan behandelen is automatisch, dus de beste, maar ook de duurste. Hierbij moet men in de meeste gevallen werken met projectoren in combinatie met bijbehorende synchronisatie-apparatuur. De meeste moderne projectoren zijn zo geconstrueerd, dat men er een synchronisatie-apparaat op kan aansluiten. Dit apparaat heeft tot taak de snelheid van de film aan te passen aan de snelheid van de band. Zowel de snelheid van de film als die van de band zullen onder meer ten gevolge van netspannings- en frequentievariatiës, onderling aan schommeling onderhevig zijn. Deze verschillen worden veroorzaakt door afwijkingen in eigenschappen van de motor van de projector en van de recorder.

Zo kan het voorkomen dat alleen al door verhoging van de netspanning

de snelheid van de projectormotor meer toeneemt dan die van de recordermotor of omgekeerd. Bijna iedere fabrikant van een bepaalde projector construeert zijn synchronisatie-apparaat op zodanige wijze dat het de meest voorkomende snelheidsvariëaties van de projector en van de hieraan gekoppelde recorder opvangt.

De werking van een mechanisch systeem is als volgt (Fig. 156):

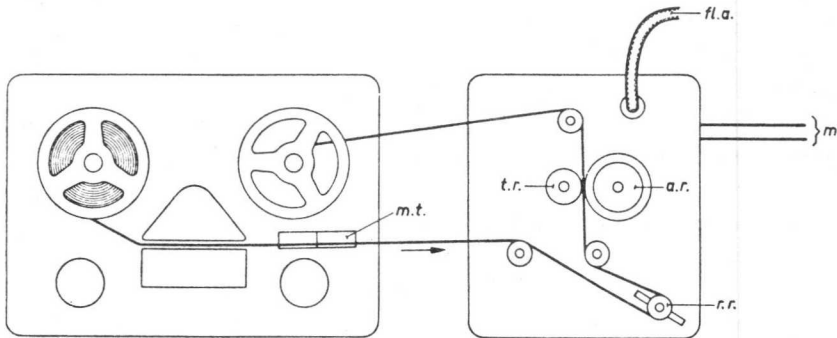


Fig. 156. Schematische voorstelling van een synchronisatie-apparaat dat via een flexibele as fl.a. met de projector is gekoppeld. t.r. = toonrol, a.r. = rubberaandrukrol, r.r. = regelrol, m.t. = merkteken voor het op de juiste plaats inleggen van de magneetband, m. = motor netkabel van de projector.

Het synchronisatie-apparaat is door een buigzame as met een as van de projector verbonden. Deze buigzame as fl.a. drijft een transportrol t.r. aan, die is te vergelijken met de toonas van een recorder, en die ook is voorzien van een rubber aandrukrol a.r. De diameter van deze transportrol is zo groot, dat de omtreksnelheid kan overeenkomen met bandsnelheden van bij voorbeeld 9,5 of 19 cm/s.

De regelrol r.r. wordt door een veer geheel naar rechts getrokken. Is de uiterst rechtse stand bereikt, dan onderbreekt een contact en wordt de projectormotor geheel uitgeschakeld. De band wordt voor de opwikkelende spoel lusvormig naar het koppelapparaat gevoerd, en via een leirol tussen transportrol t.r. en aandrukrol a.r. geleid, en vervolgens over de bewegende regelrol r.r. Via een leirol wordt de band in de recorder teruggevoerd. De projector brengt via de flexibele as de transportrol in beweging. Wordt de recorder gestart, dan zal de band de regelrol naar links trekken, waardoor het seriecontact met de projectormotor wordt gesloten en de projector gaat lopen. Zodra de snelheid van de projector groter wordt dan de door de transportrol veroorzaakte bandsnelheid, zal de regelrol r.r. wat meer naar links worden getrokken. Deze regelrol is bevestigd aan een arm die een regelweerstand bedient, welke met behulp van de regelkabel m in serie met de projectormotor staat. Zodra de regel-

rol naar links beweegt, wordt de regelweerstand kleiner, zodat de projector iets sneller gaat lopen. Het gevolg hiervan is, dat de regelrol weer teruggaat en de snelheid van de projector weer iets minder wordt. Ook zullen variaties in de snelheid van de projector – die vaker voorkomen dan snelheidsafwijkingen van een recorder – door de regelrol worden gecorrigeerd. Er zal nu een evenwichtstoestand ontstaan, waarin film en band synchroon blijven lopen.

Met een dergelijk apparaat kan men, met enige oefening, praktisch lipsynchronisme bereiken. Men kan dus personen uit de film laten spreken zonder dat de lipbewegingen behoeven af te wijken van het gesprokene. Om er zeker van te zijn dat de apparatuur goed werkt, moet men wel enige voorzorgsmaatregelen nemen.

Ten eerste is het gewenst, start-merktekens aan te brengen. Ongeveer een halve meter voor het begin van de film wordt op de aanloopstrook een merk aangebracht – bij voorbeeld een transparant kruis –. Bij het inleggen van de film wordt dit merkteken op een gemakkelijk zichtbare plaats gelegd, b.v. juist boven de filmbaan. Op ongeveer een halve meter voor de plaats waar het magneetband gebruikt kan worden, brengt men eveneens een teken aan. Maakt men verscheidene opnamen die bij verschillende films behoren achter elkaar op de band, dan kan men naast het startteken tevens een volgnummer aanbrengen om het terugzoeken te vergemakkelijken. Heeft de recorder een telwerk, dan noteert men op de bijbehorende film de stand van het telwerk bij het begin van elke opname. Op de recorder brengt men nu ergens waar het band goed zichtbaar is een merkteken aan. Bij het inleggen van de magneetband moet de rol r.r. geheel links blijven staan, maar de band moet wel overal goed strak liggen. Het startteken van de band moet op het merkteken van de recorder liggen. De recorder kan nu wel worden ingeschakeld, maar de projector nog niet, omdat de regelrol r.r. de netspanning van de motor nog onderbroken heeft. Begint de band te lopen, dan wordt de regelrol naar links getrokken en gaat ook de film lopen.

Er bestaan ook andere apparaten voor het synchroniseren van 8 mm films, als speciaal geconstrueerde recorders die mechanisch met de projector zijn gekoppeld, en elektrische synchronisatie-apparaten, die geen mechanische koppeling behoeven. De band drijft in dit laatste geval een rol aan, die met behulp van een elektrische schakeling de projector stuurt. Een dergelijk synchronisatie-apparaat is ook met een automatische starter voor de projector uitgerust. Men gebruikt hierbij normaal magneetband van 6,25 mm breedte.

Een variatie op dit systeem krijgt men bij gebruik van geperforeerd magneetband. Hierop kan slechts één geluidsspoor worden opgenomen,



Foto 30. Professionele recorder in transportabele uitvoering, ingericht voor twee band-snelheden. De linker koffer bevat uitsluitend het mechanische gedeelte; het elektronische gedeelte is ondergebracht in de rechter koffer.

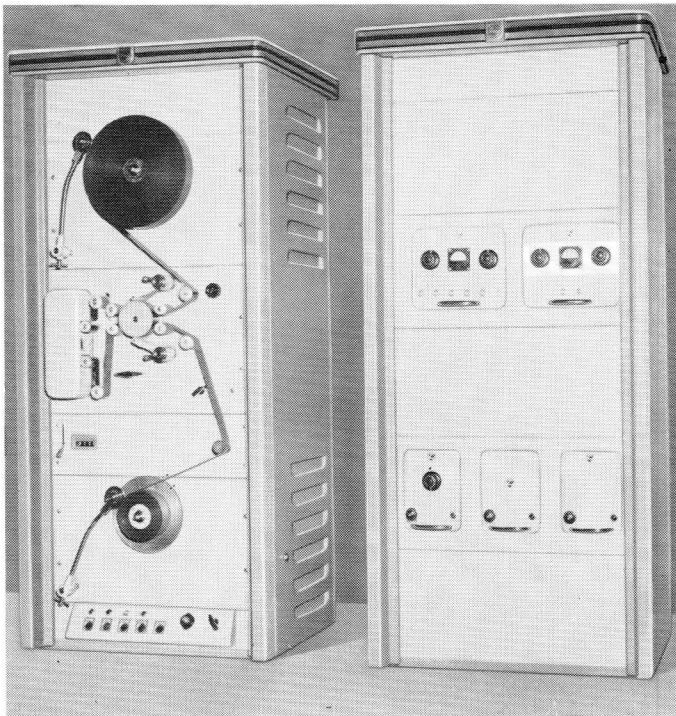


Foto 31. Magnetische recorder voor geperforeerde film. Dit type recorder wordt gebruikt in film- en televisiestudio's.

Foto 32. Professionele nagalmachine van Philips. Een schematisch overzicht hiervan is gegeven in Fig. 152.

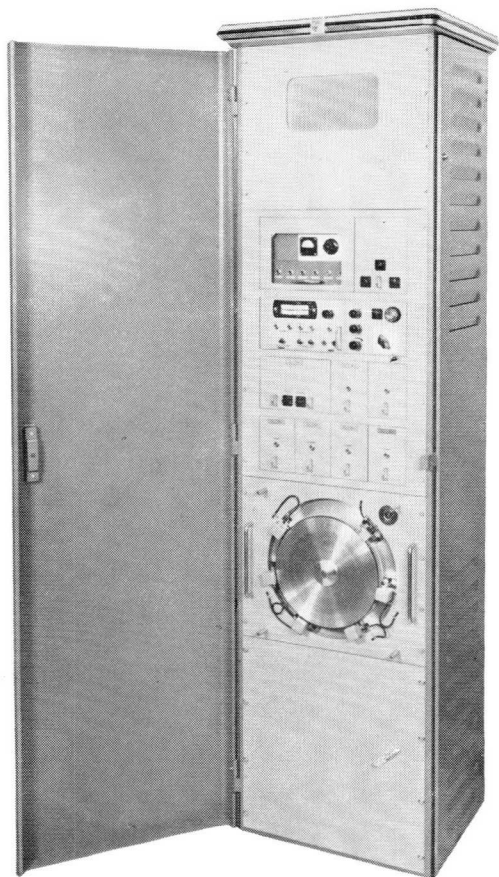


Foto 33. De Ampex magnetische beeldrecorder VR-1000. Op een 5 cm brede magneetband worden zowel het beeld als het geluid vastgelegd.
(werkfoto Ampex)

omdat de ruimte voor het andere spoor door de perforatie wordt ingenomen. De rol die de projector stuurt is voorzien van tandjes die in de perforatie grijpen, waardoor het slippen van de band wordt voorkomen. Dit type koppelapparaat kan aan elke projector en recorder worden aangepast. Sommige recorders hebben een aangebouwd bandtransportmechanisme, dat door de projector wordt aangedreven en aldus synchrone weergave garandeert. De projectorsnelheid kan in dit geval niet worden geregeld, omdat dan de bandsnelheid ook zou variëren, met als gevolg onstabiele geluidswaergave. De laatste methode om 8 mm films van geluid te voorzien, die wij hier willen bespreken, bestaat uit een verticale bandrecorder, waar de projector bovenop kan worden geplaatst (Fig. 157). De film, die een magneetspoor moet bezitten, loopt door de projector, wordt echter niet op de onderste spoel gewonden, maar door de speciale recorder geleid, die voorzien is van magneetkoppen en een transportmotor. Een regelrol past ook nu weer de snelheid van de projector aan bij die van de recorder.

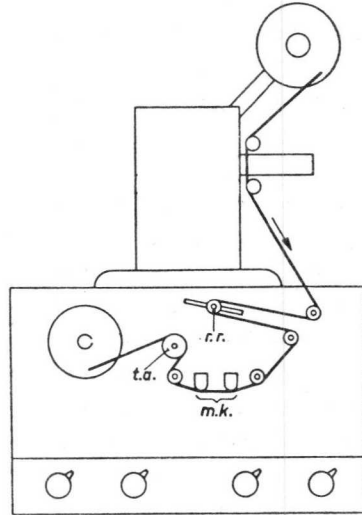


Fig. 157. Magnetische recorder voor het opnemen van geluid op 8 mm films, voorzien van een magneetspoor. t.a. = toonas, m.k. = magneetkopen, r.r. = regelrol die de snelheid van de projector gelijk maakt aan die van de recorder.

Het zal duidelijk zijn dat de systemen waarbij voor synchronisatie een normale recorder kan worden gebruikt, aantrekkelijker zijn dan deze laatste methode, omdat in dit geval de films speciaal van een magneetspoor moeten worden voorzien, wat extra kosten met zich brengt. Ook kan deze recorder niet zonder wijzigingen voor normale band worden gebruikt!

Het nasynchroniseren in de praktijk

Het nasynchroniseren van films vergt veel van de vindingrijkheid en de verbeeldingskracht van de amateur. Deze kan hiervoor met veel kans van slagen bij de bioscoopfilm te rade gaan. Uit het hoofdstuk over het opnemen in de praktijk zal hij ideeën kunnen opdoen over geluidseffecten en dergelijke.

Men moet zoeken naar bij de inhoud van de film passende muziek voor de inleiding en het slot, en eventueel ook voor muzikale intermezzi. Het afwisselen van tekst met muziek en het overspreken van tekst op muziek

moet met zorg en in de juiste sterkteverhouding geschieden. Men moet vooral niet te hoog willen grijpen; ook – en in sommige gevallen juist – met eenvoudige middelen kan men zeer acceptabele resultaten boeken.

Wil men een film met een hoge mate van exactheid nasynchroniseren, dan zal men een tekstboek moeten maken, waarin precies is aangegeven hoelang de scènes duren en wanneer bepaalde geluiden moeten worden opgenomen.

Sommige amateurs nemen eerst met behulp van een synchronisatie-apparaat een magneetbandje op, dat zij volspreken met tekst over wat de film aan belangrijke gebeurtenissen laat zien. Tussen hun opmerkingen tellen zij hardop. Telkens als er iets gebeurt wat om een specifiek geluid vraagt – bijvoorbeeld het aanstoten van een glas – geven zij dit mondeling aan door de tel waarop het aanstoten plaats vond aan te geven. Dan spelen zij het bandje af en brengen op de achterzijde merktekens aan waar de geluidssynchronisatie zeer nauwkeurig moet geschieden. Muziek, spraak en geluidseffecten kunnen dan overeenkomstig het tekstboek en de merktekens zuiver synchroon worden opgetekend. In het begin zal men wel veel fouten maken, maar het uitwissen gaat gemakkelijk en de merktekens blijven zichtbaar!

Het mengen van geluiden is bij het nasynchroniseren zeer belangrijk; het kan op verschillende manieren gebeuren.

1. Mengen met behulp van de recorder zelf, indien deze is voorzien van aparte regelaars voor microfoon- en pick-upingang. Het is gewenst, indien er spraak of effecten moeten worden opgenomen, de muziek tijdig iets zachter te zetten – niet te vroeg, maar ook niet te laat. Enige malen proberen zal wel noodzakelijk zijn. Ook in professionele studio's worden dergelijke opnamen enkele malen gerepeteerd.

2. Een andere methode is, eerst de muziek op te nemen en de gedeelten waar geen muziek moet zijn over te slaan, door haar, al naar behoefte, plotseling te onderbreken of langzaam weg te draaien en weer op te draaien. Vaak zal het prettig zijn dat de muziek achter geluidseffecten of commentaar hoorbaar blijft. Sommige recorders hebben een zogenaamde truc-knop. Drukt men bij het afspelen van een band deze knop in, dan wordt de recorder voor opnemen geschakeld, maar de wiskop blijft buiten werking. Het gevolg is, dat de reeds bestaande opname door de voormagnetiseringsstroom iets wordt uitgewist, waarbij meestal juist voldoende geluid overblijft om te dienen als achtergrondmuziek. Men kan door de truc-knop in te drukken en meteen voor de microfoon te spreken of effectgeluiden te produceren, over de bestaande muziek als achtergrond, met normale sterkte de spraak of de effecten opnemen. Laat

men daarna direct de truc-knop weer los, dan komt de oorspronkelijke muziek weer op normale sterkte door.

Ook kan men een overschakeling van de ene muziek op de andere of op spraak maken; men moet dan van gewist band uitgaan. Eerst maakt men de eerste muzikopname tot het gewenste punt van totale afbreking. Dan wordt de band voldoende ver teruggezet om een geschikte overgang te krijgen, de recorder wordt op weergeven gezet, de weergave wordt met ingedrukte truc-knop gestart en de nieuwe muziek of spraak wordt ogenblikkelijk opgenomen. Het resultaat is dat het laatste restje van de eerste muziek gedeeltelijk wordt uitgewist en dat de tweede opname er overheen begint. Wel moet dan, zolang de tweede opname wordt gemaakt, de truc-knop ingedrukt blijven.

3. Is de recorder niet voorzien van een truc-knop, dan kan men hetzelfde resultaat bereiken door de band iets van de wiskop af te lichten, bij voorbeeld door een stukje karton van 1 mm dikte tussen kop en band te steken. De band moet echter wel goed over de weergeefkop blijven lopen. Ter vermijding van krassen op de wiskop en beschadiging van band, gebruike men liefst geen metalen voorwerpen.

Bij deze methode moet men de band weergeven tot de plaats waar men de overschakeling op de tweede opname wenst te beginnen. De recorder wordt vervolgens gestopt en op opnemen gezet met ingedrukte snelstopknop. Men start de bandloop en regelt meteen de muziek of spraak op de gewenste sterkte.

Men kan allerlei grappige effecten bereiken door het afspelen van muziek of spraak met hogere of lagere snelheid van de band, dan die gedurende het opnemen.

XIX. STORINGEN

In de praktijk komt het vaak voor, dat storingen worden veroorzaakt door onoordeelkundige behandeling van de recorder, en dat ze niet te wijten zijn aan een gebrek van het apparaat. Om veel last te voorkomen is het daarom gewenst de bij de recorder behorende gebruiksaanwijzing aandachtig te lezen en zich strikt aan de erin gegeven wenken te houden. Doet zich toch een storing voor, dan kan men veel tijd en geld besparen door zelf op te sporen wat de reden van de storing is.

De fabrikanten van recorders beklagen er zich geregeld over dat klanten trachten vergoeding te krijgen voor schade aan hun recorders, welke veroorzaakt is door ruwe of verkeerde behandeling. Hoewel de fabrikant zal trachten zijn recorders "foolproof" te maken, kan hij niet voorkomen dat bepaalde onderdelen met geweld vernietigd kunnen worden. Wij willen er daarom nog eens nadrukkelijk op wijzen dat men nooit moet forceren als er iets aan de recorder weigert. Tracht eerst zelf de fout op te sporen en ga dan pas naar Uw handelaar. Wij zullen enkele storingen bespreken die niet altijd veroorzaakt worden door een defect aan de recorder, zodat de gebruiker ze vaak zelf kan opheffen.

Zwakke weergave

a. Geluid te zwak opgenomen, doordat de geluidssterteregelaar te weinig opgedraaid was. Bij het opnemen letten op de modulatie-indicator.

b. Vuil of versleten aandrukuiltje.

Viltje reinigen met een houtje of een lapje met spiritus; eventueel door een service-dealer een nieuw viltje laten aanbrengen.

Zeer zwakke en zeer doffe weergave

a. Band verkeerd ingelegd. Er voor zorgen dat de band zó op de spoel is gewikkeld, dat de doffe zijde tegen de koppen komt. Is dit niet het geval, dan de band omwikkelen met een slag van 180° erin.

b. De magneetkop is vuil. Vuil verwijderen met een houtje of een lapje met spiritus. Gebruik nooit een metalen voorwerp om de koppen schoon te maken, want de metalen kern van een magneetkop wordt gemakkelijk beschadigd. De remedie zou dan erger zijn dan de kwaal.

c. Bandbegeleiding niet goed. Vuil op toonas of rubberrol. Schoon maken met spiritus. Als dit niet helpt, service-dealer inschakelen.

Vervormde weergave vooral in de luide passages

a. Met te hoog niveau opgenomen of microfoon veel te dicht bij geluidsbron gehouden. Bij het opnemen op de modulatie-indicator letten en eventueel de microfoon verder van de geluidsbron houden.

b. Een van de elektronenbuizen is defect. In dit geval de service-dealer inschakelen.

Neemt wel vrij goed op, maar wist niet goed

a. Netspanning aan de lage kant? Netspanning controleren.

b. Vuil op de wiskop? Reinigen met spiritus.

c. Bandloop niet goed? Bandloop controleren, eventueel toonas en rubber rol reinigen met spiritus. Als dit niet helpt, service-dealer inschakelen.

Teveel lage tonen bij het weergeven

Bij het opnemen via de luidsprekeruitgang van de radio-ontvanger heeft de klankkleurregelaar hiervan verkeerd gestaan. Klankkleurregelaar gedurende het opnemen op minimum aan lage tonen zetten.

Gebrom bij weergeven

a. Microfoon te dicht bij recorder of radio-ontvanger gehouden. Microfoon verplaatsen.

b. Microfoonsteker maakt slecht contact. Door het bewegen van de steker gedurende het opnemen kan men zich hiervan overtuigen.

c. Afscherming van de microfoonkabel onderbroken. Service-dealer inschakelen.

d. Verbindings snoer met radio-ontvanger verkeerd aangesloten. Een van beide of beide stekers van het snoer andersom in het stopcontact steken.

e. Afscherming van het snoer onderbroken. Storing opsporen en solderen of service-dealer inschakelen.

Ritmische dreun van het mechanisme

Platte kanten aan een of meer rubber rollen.

De recorder heeft in bedrijfstoestand lang stilgestaan met uitgetrokken netsteker. Mechanisme enige tijd laten lopen. Verdwijnt het stotende geluid niet, dan service-dealer inschakelen.

Weergave klinkt dof en slepend

De opname heeft bij een grotere bandsnelheid plaats gehad dan het weergeven. Juiste weergeefsnelheid kiezen.

Weergave klinkt scherp en gehaast

De opname heeft bij een kleinere bandsnelheid plaats gehad. Juiste weergeefsnelheid kiezen.

Muziekresten tussen twee opnamen

Gedurende het opnemen niet goed gewist. Na het beëindigen van een opname, de band voor het stoppen iets door laten lopen en alvorens een nieuwe opname te starten de band iets terugzetten.

De weergave klinkt vreemd en stotend

De band is op een machine met oude Duitse spoorpositie opgenomen en wordt nu achterstevoren afgespeeld. Geen oplossing mogelijk.

De weergave klinkt zwevend en jankend

- a. Een van de spoelen is krom, waardoor de band onregelmatig wordt op- of afgewikkeld. Spoel vervangen.
- b. Band verkeerd ingelegd, waardoor grote wrijving ontstaat. Band goed inleggen.
- c. Aandrijfmechanisme defect. Service-dealer inschakelen.
- d. Band gerekt door slechte behandeling (meestal plaatselijk).

De weergave heeft een piepend bijgeluid

Dit kan liggen aan het feit dat het vilt dat het band tegen een van de koppen of tegen een leipen drukt, vervuild of versleten is. Viltje schoonmaken met spiritus en voorzichtig wat ruw maken; eventueel nieuw vilt laten aanbrengen door een service-dealer.

Lusvorming bij het stoppen van de band

Dit kan vooral optreden bij het stoppen na snel wikkelen; de remmen zijn ontregeld of versleten. Remmen nastellen, eventueel remmateriaal laten reinigen of vernieuwen.

Band wordt te los opgewikkeld

Opwikkelfrictie te zwak ingesteld. Frictie bijstellen; eventueel frictiemateriaal vetvrij maken of laten vernieuwen.

Band loopt tussen toonas en rubber aandrukrol uit

a. Toonas zeer vuil. Toonas reinigen met een lapje met spiritus en eventueel een houtje. (Niet met metaal aan de toonas komen.)

b. Rubber rol versleten: Rubber rol laten vernieuwen.

Stottereffect

Bij monaurale 4-sporen techniek kan vooral bij lage bandsnelheid (4.75 cm/sec.) een onregelmatige onderbreking of verzwakking in de weergave optreden.

a. Te stugge band gebruikt.

Langspeel- of superlangspeelband gebruiken.

b. Vuil op de band.

Band reinigen door hem gedurende het snelspoelen tussen een stukje zeemleer, eventueel bevochtigd met wat spiritus, te laten doorlopen.

Verder kunnen natuurlijk allerlei andere storingen optreden, die hun oorzaak vinden in breuk van onderdelen of defecten in de versterker. Met het oog op slijtage van onderdelen na langdurig gebruik en, eventueel, minder goede werking van de recorder, is het gewenst na bij voorbeeld 1000 gebruiksuren het toestel door een service-dealer te doen schoonmaken, smeren en controleren.

Ook kan de magneetband oorzaak zijn dat de recorder niet naar behoren functioneert. De band kan de neiging vertonen veel vuil los te laten, waardoor de koppen en de toonas snel vervuilen. Ook kan hij kronkelig worden waardoor een onregelmatige opname ontstaat. Ook mag de band niet rekken, om janken en verlies van hoge tonen te voorkomen. Voor wat de magnetische eigenschappen betreft, kan het zijn dat een bepaald soort band niet aan de recorder is aangepast, met als gevolg snelle vervorming, weinig hoge tonen of veel geruis in de weergave. Goedkoop band kan vaak nadelig blijken. Het best kan men het band dat door de fabrikant van een recorder wordt verkocht gebruiken, omdat men hiermede de verzekering heeft dat de beste resultaten worden bereikt, met andere woorden, dat men uit zijn recorder haalt wat er in zit.

XX. PROFESSIONELE APPARATUUR

Ter completering van het beeld dat wij in dit boekje hebben gegeven van de magnetische geluidstechniek, moeten nog enige professionele toepassingen worden genoemd.

Reeds in de inleiding hebben wij erop gewezen, dat het gebruik van magnetische recorders op professioneel gebied een grote vlucht heeft genomen. Het is moeilijk geheel te overzien waartoe de magnetische geluidstechniek zal leiden. Wel kunnen wij vaststellen dat zij, in het bijzonder na de tweede wereldoorlog, grote verbeteringen in de geluidsregistratie heeft teweeggebracht en dat zij verschillende nieuwe gebieden heeft opengelegd.

Hier volgen enkele bekende toepassingsgebieden voor recorders die een bandbreedte van 6,25 mm gebruiken.

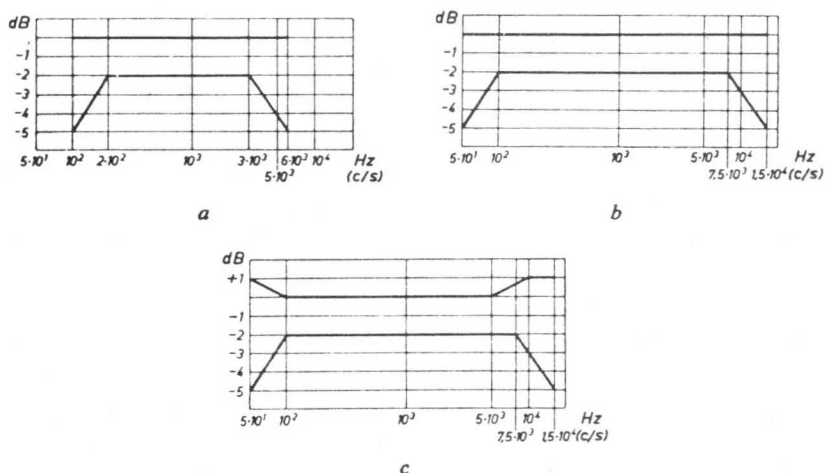


Fig. 158. Grenzen waartussen volgens internationale afspraken, bij professionele machines, de frequentiekaracteristieken moeten liggen. a. „overall” karakteristiek bij een bandsnelheid van 19 cm/s, b. opneemkarakteristiek bij een bandsnelheid van 38 of 76 cm/s, c. „overall” karakteristiek bij een bandsnelheid van 38 of 76 cm/s.

Grammofonplatenstudio's

Praktisch alle super masters (oeropnamen) van grammofonplaten worden tegenwoordig op band opgenomen. Dit biedt de fabrikanten verscheidene grote voordelen:

1. De opname kan, zonder verlies aan kwaliteit, direct worden gecontroleerd (afgespeeld).

2. Men kan zonder merkbaar kwaliteitsverlies van deze banden platen maken voor het vervaardigen van matrijzen.

3. Men is vrij van een op band opgenomen super master normale of langspeelplaten te maken en elke willekeurige omwentelingssnelheid van de plaat te kiezen (op het ogenblik kent men reeds platen voor 78, 45, $33\frac{1}{3}$ en 16 toeren per minuut).

Een fabrikant kan nu bijvoorbeeld van één bandopname eerst een muzieknummertje uitbrengen op 78 of 45 toeren en dit nummer als onderdeel van een selectie op een $33\frac{1}{3}$ toeren plaat laten verschijnen.

4. Men kan door montage correcties en onderbrekingen aanbrengen die volstrekt onmerkbaar zijn.

5. Met behulp van speciale bandafspeelapparatuur kan men platen maken met variabele groefafstand. Dit zijn platen met veranderlijke spoed, waardoor de speeltijd belangrijk wordt vergroot. De spoed is namelijk afhankelijk van de opgenomen geluidssterkte.

6. Men kan copieën op magnetisch band in de handel brengen, zoals reeds meer en meer te doen gebruikelijk wordt.

Omroepstudio's

Grote gedeelten van uit te zenden programma's worden tegenwoordig op band opgenomen. Ook hier zijn verscheidene voordelen van groot belang:

1. geen naaldgeruis of groefoverspringen, e.d.;
2. mogelijkheid van correcties en opnieuw opnemen van minder geslaagde passages;
3. gemakkelijke montage;
4. lange speeltijd;
5. kostenbesparing door het opnieuw gebruiken van banden.

Nasynchronisatiestudio's

Voor het opnemen van korte scènes die later worden gecopieerd op het fotografische of magnetische geluidsspoor van film, maakt men vaak gebruik van recorders met normaal band van 6,25 mm breedte. Deze apparaten, hetzij transportabel, hetzij voor stationnair gebruik, zijn zeer robuust gebouwd en moeten voldoen aan de hoogste eisen voor wat betreft het ontbreken van zweving, geruis, gebrom en vervorming. Uiteraard moeten zij ook gemakkelijk zijn te bedienen.

De bandsnelheden voor dit type machines zijn doorgaans 76, 38 en/of 19 cm/s. Het magneetspoor loopt in de meeste gevallen over de volle breedte van de band. Foto 29 toont een stationnaire installatie en Foto 30 een transportabele. De technische specificatie luidt:

Bandsnelheid: 76 en 38 cm/s of 38 en 19 cm/s
Speeltijd: 21, resp. 42 minuten, of 42, resp. 84 minuten
Bandlengte: 1000 m (normaalband)
Wow en flutter: < 0,2 %
Frequentiebereik: 30 Hz—15 kHz
Vervorming: < 3 %

Synchroonrecorders

In film- en televisiestudio's is het vaak noodzakelijk dat het geluid zuiver synchroon met het beeld loopt. Hiervoor gebruikt men recorders voor geperforeerde band. Een dergelijke machine ziet men in Foto 31, deze is in een rek gebouwd. Men kan met deze machine één, twee, drie of vier sporen tegelijk opnemen, in overeenstemming met het systeem dat in de studio wordt toegepast. Zij is leverbaar voor 35, 17½ of 16 mm magnetische films. Ook past men, vooral in transportabele installaties, wel recorders die een bandbreedte van 6,25 mm gebruiken toe. Deze recorders zijn voorzien van een inrichting waarmee behalve het normale signaalspoor ook nog een zogenaamd synchronisatiespoor wordt opgetekend. Met behulp van dit synchronisatiespoor kan de band zuiver synchroon met bij voorbeeld een beeldfilm worden weergegeven.

Nagalmapparatuur

Het magnetisch systeem is bij uitstek geschikt voor het registreren van geluid of impulsen die slechts beperkte tijd behoeven te worden bewaard. Een typisch voorbeeld hiervan vindt men bij de apparatuur voor het opwekken van kunstmatige nagalm. Wij kennen twee gebieden waarop nagalmapparaten belangrijke verbeteringen kunnen brengen, namelijk de akoestiek in concert- en operazalen, en effecten in films en hoorspelen.

Nagalm in een zaal ontstaat doordat de luisteraar niet alleen het geluid hoort dat direct van de geluidsbron afkomstig is, maar ook geluiden die één of verscheidene keren zijn weerkaatst door de wanden, de vloer, het plafond en sommige voorwerpen die in die zaal aanwezig zijn. Zijn er in een zaal weinig geluidabsorberende stoffen, dan is er een lange nagalmtijd; dit wil zeggen dat een geluid in die zaal geruime tijd nodig heeft om geheel „uit te sterven”.

Gebruikt men een zaal voor spraak (bijeenkomsten, lezingen, toneelvoorstellingen en dergelijke), dan is het voor het bereiken van een goede verstaanbaarheid gewenst dat de nagalmtijd kort is. Zou deze namelijk lang zijn, dan worden nieuwe woorden verdoezeld door de nagalm van de voorafgaande. Dit verklaart gedeeltelijk waarom sommige geestelijken een „kanselredenaarsstijl” hebben ontwikkeld – de nagalm in kerken kan uitzonderlijk lang zijn.

Bij het optreden van een orkest is het daarentegen wel degelijk gewenst dat de nagalmtijd lang is, en wel van 2 tot 5 seconden, afhankelijk van de aard van de muziek. Wordt een zaal afwisselend voor spraak en muziek gebruikt, dan zou men, om in beide gevallen een goede akoestiek te verkrijgen, de nagalmtijd moeten variëren.

Nu is het voor een architect al moeilijk genoeg, de akoestiek van een zaal voor één bepaald doel geschikt te maken. Het is dus wel duidelijk, dat men bepaalde technische hulpmiddelen te hulp moet roepen om een zaal aan uiteenlopende toepassingen akoestisch aan te passen.

Kort uiteengezet, bereikt men dit op de volgende wijze (Fig. 159 en Foto 32). Men gaat uit van het standpunt dat men de werkelijkheid zo juist mogelijk wil imiteren. Een snel draaiend, volkomen rond vliegwiel is aan de buitenzijde van een laag magnetisch materiaal voorzien. Op geringe afstand van deze buitenzijde bevinden zich achtereenvolgens een wiskop, een opneemkop en een viertal weergeefkoppen. Deze weergeefkoppen zijn zuiver concentrisch ten opzichte van het middelpunt van het vliegwiel verschuifbaar.

Een of meer microfoons worden bij het orkest of het koor neergezet, en hun signaal wordt via de opneemkop op de magnetische laag van het vliegwiel opgetekend. Enige milliseconden later wordt het door de weergeefkop W_1 weergegeven. De weergave gaat via een versterker naar een groep luidsprekers in de zaal. Door de kleine vertraging tussen de opname

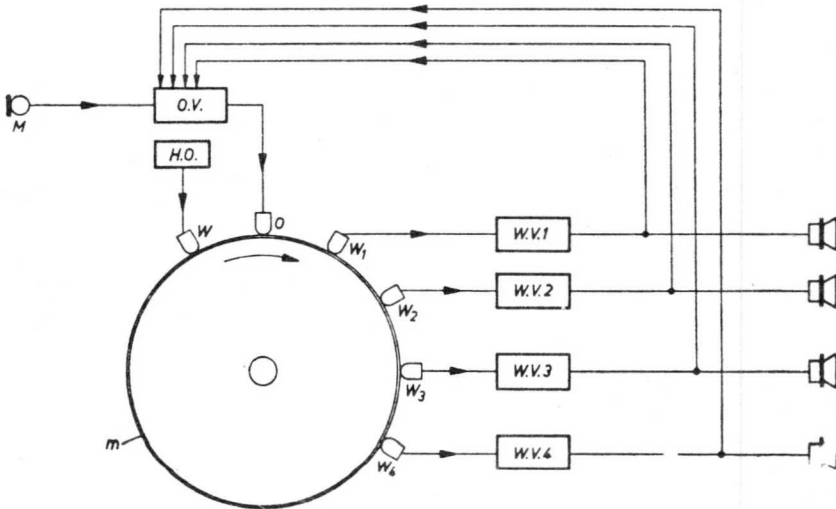


Fig. 159. Professionele nagalmmachine van Philips. Het wiel is aan de omtrek voorzien van een magnetische laag. Om het wiel zijn de wiskop, opneem- en weergeefkoppen aangebracht. Verder bevat de kast de nodige elektronische apparatuur en een controle-luidspreker. (zie Foto 32).

en de weergave via W_1 , ontstaat in de zaal al een zeker nagalmverschijnsel. De weergave van de koppen W_2 , W_3 en W_4 geschiedt eveneens over bepaalde luidsprekergroepen in de zaal. Door een klein gedeelte van het signaal van de weergeefkoppen in een bepaalde sterkteverhouding terug te voeren naar de opneemkop, ontstaat een diffuus verlopende nagalm, die men voor elke zaal zeer nauwkeurig kan instellen. Ook kan men deze kunstmatige nagalm nog regelen voor bepaalde soorten muziek. Zo kan men onder vrijwel alle omstandigheden een natuurgetrouwe nabootsing van een zaal met de juiste akoestiek voor elk willekeurig doel verwezenlijken.

Enige andere toepassingen

Automatiseren van arbeidsmethodes

„Geheugenwerk” in elektronische rekenmachines

Magnetisch vastleggen van meetresultaten die worden uitgezonden door vliegtuigen, raketten, e.d.

Het voordeel van de laatste toepassing is, dat men met een zeer grote bandsnelheid kan opnemen en langzaam weergeven, waardoor men metingen die in een zeer kort tijdsbestek verlopen, langzamer en nauwkeuriger kan verrichten.

Magnetisch vastleggen van beelden

De Amerikaanse maatschappijen Ampex (Foto 33 en Foto 34), RCA en Bing Crosby Inc. en de BBC in Engeland hebben op dit gebied baanbrekend werk verricht. Men is thans in staat, langs magnetische weg beelden vast te leggen met behulp van kostbare en tamelijk gecompliceerde recorders. Zo „filmt” men actualiteiten en televisieshows zonder tijdverlies aan ontwikkelen en kopiëren. Ook kan men snel coupures en correcties aanbrengen. De beeldband kan direct na de opname worden gebruikt voor uitzending via een televisiestation.

Dit systeem gaat ongetwijfeld een zeer grote toekomst tegemoet, en de mogelijkheid bestaat, dat men binnen niet al te lange tijd voor het afspelen van magnetische beeldfilms in zijn huiskamer een apparaat ter beschikking heeft, dat kan worden aangesloten op een normale televisie-ontvanger.

Ook het opnemen van kleurenbeelden is volgens dit principe mogelijk.

Ook Radar beelden kunnen worden vastgelegd en later weer worden zichtbaar gemaakt.

XXI. TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

De bandrecorder vindt weliswaar in het dagelijks leven steeds meer toepassing, maar vele van zijn mogelijkheden zijn in de praktijk nog te weinig bekend, zodat zijn nuttig gebruik tot dusverre vaak te gering is geweest.

Niet alleen in het privéleven kan de recorder goede diensten en veel genoegens verschaffen, maar ook op het gebied van muziek- en schoolonderwijs of studie kan hij praktisch niet meer worden gemist. Enige van deze toepassingen zullen wij hier bespreken, zonder de pretentie te hebben volledig te zijn.

Muziekrepertoire

Het vormen van een eigen muziekrepertoire is nu wel heel eenvoudig geworden; allerwege neemt men thans van grammofoonplaten en uit de radio zijn favoriete muziek op.

Bandjes met ononderbroken dans- of lichte amusementsmuziek kunnen op feestjes goede diensten bewijzen. Ook kunnen concerten worden vastgelegd, waarbij, dank zij de lange speeltijd van de band, een continue weergave van complete symfonieën is te bereiken.

„Uitgestelde” programma's

Het komt nogal eens voor dat men door afwezigheid of bezoek geen gelegenheid heeft naar een bepaalde radio-uitzending te luisteren. De kinderen, het huispersoneel of een kennis kunnen dan het programma opnemen, zodat men er later naar kan luisteren.

Familie-geluidsalbum

Men kan jarenlang veel genoegens beleven aan opnamen van familieleden en vrienden – en in het bijzonder van de kinderen, te beginnen met hun eerste babygeschrei. Ook bandjes van een familiefeest, een bruiloft of een verjaardag kunnen een zeer dierbare plaats innemen, die in vele gevallen die van een fotoalbum verre overtreft.

Het uitwisselen van gesproken brieven op kleine spoeltjes band (7½ cm diameter) is voor velen die zich ongaarne of moeilijk op papier uiten, een prettige manier van corresponderen geworden, die bovendien de ontvanger directer tot het hart spreekt.

De bandrecorder als „leesapparaat” voor Blinden

Een zeer belangrijke sociale taak verricht de bandrecorder in dienst van Blinden.

Aangezien slechts 27 % van de blinden in staat is het Braille-schrift te leren is het duidelijk, dat een recorder, voor het weergeven van gesproken

woord alleen al, voor een groot aantal blinden (in Nederland ca. 6000) van grote betekenis kan zijn.

In Nederland is door de Stichting „Het Nederlands Blindenwezen” de Philips recorder EL 3516 gekozen om de blinden, die niet in staat zijn het Braille-schrift te lezen toch te kunnen laten genieten van „gesproken boeken” en zelfs van gesproken maand- en weekbladen.

Duizenden gesproken boeken, maand- en weekbladen worden per jaar „beluisterd”, waaruit men kan concluderen welk een enorme bron van vreugde en opvoeding op deze wijze voor de blinden is gaan vloeien.

Er is echter buiten de kring van blinden een enorme vraag naar deze „lectuur”. Zo zijn patiënten in Sanatoria en ziekenhuizen en bejaarden erbij geïnteresseerd, zodat ook voor deze categorie mensen de tape-recorders zijn enorme diensten kan bewijzen.

Voor zieken

Voor zieken is de recorder van grote waarde voor het vastleggen van radio-programma's, kerkdiensten en gesproken brieven. Ook huldigheden, felicitaties en een willekeurig praatje van collega's kan men op band zetten en er de zieke mee verblijden, hetgeen in het algemeen zal bijdragen tot zijn psychisch herstel.

Zelf complete programma's maken

Er bestaan verscheidene nationale en internationale verenigingen van „geluidjagers” – dat zijn recording-amateurs die zelf complete programma's samenstellen en de banden uitwisselen met collega's die soms door oceanen van hen zijn gescheiden. Zij nemen niet alleen hoorspelen, muziek en uitzonderlijke geluidseffecten op, maar houden zich ook bezig met gesproken brieven.

De World Tape Pals is een vereniging van Amerikaanse oorsprong, die als verdere omschrijving van haar naam opgeeft: „A non-profit organization for the exchange of recorded tape”; dus een organisatie zonder commerciële doelstellingen voor de uitwisseling van bespeelde banden.

In Nederland bestaat de Ned. Vereniging van Geluidsjagers en een amateur-jeugdromp, die geregeld radiozendtijd ter beschikking krijgt voor het uitzenden van zelf gemaakte en -opgenomen programma's.

Een specifieke hobby van sommige geluidsjagers is het vastleggen van stemmen van beroemde personen; vorsten, politici, kunstenaars, enz.

Geluid bij amateurfilms

Hoewel het maken van geluidfilms een kostbare aangelegenheid is, kan men met behulp van een recorder zijn 8 mm films zonder hoge kosten goed sonoriseren. Dit beperkt zich niet slechts tot een muzikale achtergrond, maar omvat tevens spraak en geluidseffecten. Door toepassing van

een hulpapparaat is het zelfs mogelijk een goede lipsynchronisatie te bereiken, zodat het geluid bij amateurfilms van bijna professionele kwaliteit kan zijn.

Geluid bij diaprojectie

Bij het vertonen van diapositieven kan men met een recorder commentaar en muziek geven. In sommige gevallen – indien de apparatuur zich ertoe leent – kan het bandje tevens dienen voor automatische verwisseling van de dia's.

Goed leren spreken

De meeste mensen spreken met een zeker accent, onduidelijk, slordig of met een verkeerde intonatie. Zij zijn er zich vaak zelf niet van bewust, en de toehoorders zijn in het algemeen te beleefd of te gemakzuchtig om hen erop attent te maken. Hoort men zichzelf spreken, dan merkt men direct zijn eigen fouten en tekortkomingen. Bijna automatisch gaat men zichzelf corrigeren.

Met behulp van een recorder verbetert men echter niet alleen zijn spraak, maar men kan er ook toespraken mee instuderen en schoonheidsfouten mee ondervangen, die in de geschreven tekst niet opvallen. Goede spraak en een logische gedachtenformulering zijn reeds vaak positieve factoren gebleken in de opbouw van iemands zakelijke of maatschappelijke carrière.

Talenstudie

Bij het bestuderen van vreemde talen gelden in nog sterkere mate ten voordele van een recorder de argumenten die zojuist zijn opgesomd bij goed leren spreken. Het controleren van de uitspraak is namelijk ook hier van het grootste belang. Door het opnemen van de lessen van een radiocursus of van zijn eigen leraar krijgt men uitstekend materiaal ter vergelijking met zijn eigen vorderingen. Ook het lidmaatschap van een bandcorrespondentieclub kan veel bijdragen tot het snel en op natuurlijke wijze aanleren van vreemde talen.

Zang- en toneelstudie

Door het opnemen en kritisch beluisteren van repetities kan men gemakkelijk fouten constateren en verbeteren. Ook zal het daarmee de regisseur of zangpaedagoog gemakkelijker vallen de aard van diverse onvolkomenheden duidelijk te maken. De studie wordt aldus intensiever en bijgevolg doeltreffender. Vele beroepsartisten maken tegenwoordig om deze reden van een recorder gebruik.

Bij toneeluitvoeringen kan de recorder bovendien nog goede diensten bewijzen met het creëren van effecten, achtergrondmuziek en verbindende teksten.

Muzieklessen

Bij muzieklessen is de bandrecorder al bijzonder nuttig gebleken. Zowel bij amateurlessen als bij vakstudie is de recorder een uitnemend middel voor zelfcontrole. Men kan zijn spel keer op keer vergelijken met dat van zijn leraar, totdat men voor een bepaalde compositie een voldoende mate van geoefendheid heeft verkregen.

Enkele andere mogelijkheden zijn: het meespelen met een op band opgenomen begeleiding door de leraar of zichzelf, het beoordelen van ensemble-spel, gehoorontwikkeling bij solfègelessen.

Op reis

Evenals een camera, kan een recorder op reis de „navreugde” belangrijk vergroten. Dit geldt natuurlijk voor gezinsreizen, maar nog meer voor uitstapjes met verenigingen en grote gezelschappen. Later kan men dan met klank en beeld herinneringen ophalen aan leerzame en plezierige ogenblikken.

De vrouw des huizes

Het schrijven van briefjes met mededelingen of voorschriften kan vaak komen te vervallen als de huismoeder van de recorder gebruik maakt voor het geven van instructies aan babysitter of dienstmeisje. Als zij onverwachts weg moet, kan zij ook boodschappen aan haar kinderen of haar man snel, gemakkelijk en duidelijk op band vastleggen. Ook kan zij belangrijke telefoongesprekken en telefonische mededelingen opnemen, opdat haar man deze bij zijn thuiskomst woordelijk kan horen.

De heer des huizes

Telefoongesprekken, bijvoorbeeld met ver weg wonende familieleden en kennissen kunnen worden opgenomen, evenals zakengesprekken en privé gesprekken van zakelijke aard (met de notaris, verenigingsbesturen, enz.). Deze kunnen dan later van de band worden geverifieerd.

Zakenlieden kunnen thuis hun post dicteren en opdrachten voor kantoor geven; kunstenaars en ook beoefenaars van beroepen waarin ideeën een belangrijke plaats innemen, kunnen hun invallen vastleggen, enz.

De kinderen

Voor de kinderen is de recorder een uiterst aantrekkelijk en nuttig apparaat, dat hun vorming bevordert en hun leert zich gemakkelijk te uiten. Door hen voor de microfoon te laten zingen en verhaaltjes vertellen, en de aldus gemaakte opname in kinderkring af te draaien, kweekt men hun kritische zin aan.

Bepaalde populaire kinderprogramma's uit de radio – zowel verhaaltjes en hoorspelen als liedjes – kunnen, op band vastgelegd, nog wekenlang een bron van groot plezier zijn.



Foto 34. Het prototype van de Ampex videorecorder in 1956 in gebruik bij het Columbia televisiestation in Amerika. Links en rechts de rekken waarin zich het voor het opnemen en uitzenden nodige elektronische gedeelte bevindt. (werkfoto Ampex)

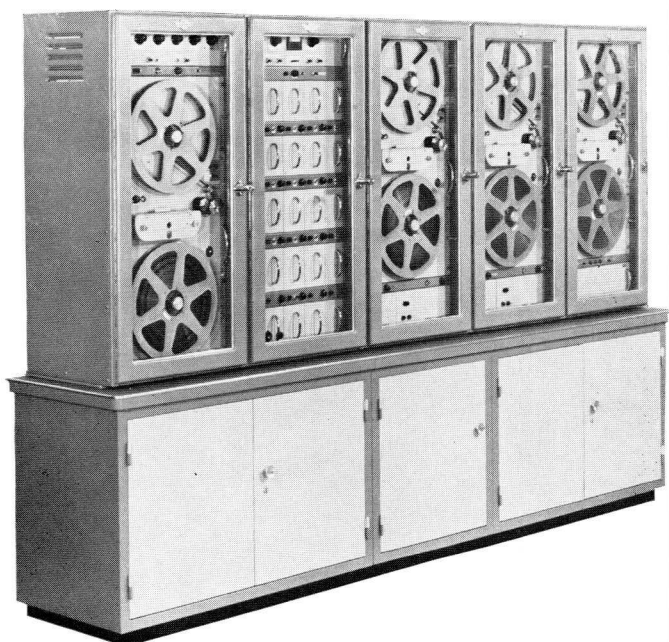


Foto 35. Installatie voor het tegelijk opnemen van vijftien geluidssporen op 16 mm breed magneetband. Onder andere in gebruik op vliegvelden, voor het vastleggen van gesprekken tussen de commandotoren en de vliegtuigen, enz.



Foto 36. Een recorder in gebruik bij taallessen.



Foto 37. Installatie voor het verzorgen van geluidseffecten bij toneelstukken. De installatie bestaat uit twee professionele recorders en twee professionele draaitafels.

Studeren terwijl men slaapt

Men heeft reeds talrijke proeven genomen met studeren terwijl men slaapt. In sommige gevallen zijn frappante resultaten bereikt door een bandrecorder een te bestuderen tekst voortdurend zacht te laten herhalen terwijl men slaapt en ogenschijnlijk geen hersenwerk verricht. Men kan bijvoorbeeld een kleine luidspreker onder het kussen leggen en hem aansluiten op de recorder, en daarbij de luidspreker van de recorder zelf uitschakelen. Hiertoe zal het apparaat over een automatische bandomschakeling moeten beschikken of moeten werken met een cassette voor eindloze band.

Gerubriceerde toepassingen van niet-professionele recorders**A. ONDERWIJS IN HET ALGEMEEN***Schoolradio – onafhankelijk van zendtijden*

Mogelijkheid voor het onderwijspersoneel de uitzendingen te beoordelen voordat zij in de klas door de recorder worden weergegeven.

Mogelijkheid tot selectie en verkorting

Programma's inlassen in het lesrooster

Bewaren van geselecteerde stukken voor later gebruik

Opnemen van historische momenten

Opnemen van radiolezingen en bepaalde programma's voor lessen in algemene ontwikkeling

Verbeterde onderwijsmethodes

Oefening van onderwijzers en leraren

Zelfkritiek op methodes van lesgeven

Kant-en-klare lessen op band

Opnemen van verhalende passages en gereciteerde gedichten in rustige omgeving voor gebruik in de klas

Geluiden uit de natuur

Ontwikkeling van creatief vermogen

Stimuleren van belangstelling, speciaal voor „dorre” vakken

Beoordelen van improvisaties

Beoordelen van vorderingen van leerlingen

Uitwisseling van banden tussen scholen

Studie van vreemde talen

Studie van dramatische kunst

Grammaticalessen

Leren van woordenlijsten

Gezamenlijk lezen van dramatische werken

Onthouden van formules en stellingen

Lessen in muziekappreciatie

Zanglessen

Instrumentale begeleiding bij zanglessen

Dictees (ook voor stenografie en machineschrijven)

Uniformiteit van examenvragen en -opgaven

Bewijsmateriaal bij het beoordelen van mondelinge examens

Instructies en muzikale begeleiding van gymnastieklessen

Repetities van toneelvereniging, koor en orkest van de school

Opnemen van uitvoeringen van idem

Achtergeluiden en effecten

Opnamen van essentiële gedeelten van lessen voor reconvalescente en invalide leerlingen

Ouderavonden

Hypnopédie (studeren terwijl men slaapt)

Algemene vorming van leerlingen

Verhelpen van spreekangst

Versterking van het zelfvertrouwen

Aankweken van zelfkritiek

Hulp aan trage leerlingen

Aanleren van beknoptheid

Beter formuleren en argumenteren

Verbetering van het uitdrukingsvermogen

Spraak

Verbetering van de spraak in het algemeen

Herkennen van eigen spreekgewoonten en -fouten

Correctie van spreekfouten

Afwennen van accenten

Bestuderen van dictie

Vermijding van eentonigheid en slechte articulatie bij hardop lezen

B. MUZIEKONDERWIJS

Beoordeling van vorderingen

Beoordeling van eigen techniek

Objectieve vergelijkingen

Zelfkritiek

Zanglessen

Instrumentale lessen

Lessen in algemene muziekkennis

Oefeningen voor het bevorderen van muzikaal gehoor en gevoel voor ritme

Demonstratie van fouten en vergissingen

Herkenning van instrumenten

Afleiden van melodieën
 Omkeren van melodieën
 Harmonielessen
 Experimenten in abstracte muziek
 Kunstmatige duetten e.d.
 Controleren van improvisaties
 Opsporen van disharmonische passages
 Stemmen van instrumenten
 Ensemble-spel
 Recitals, koren, orkesten
 Opgenomen begeleidingen
 Zangverenigingen
 Verhelpen van plankenkoorts
 Ademtechniek

C. SPREKEN IN HET OPENBAAR

Overwinnen van aarzeling
 Aanwennen van prettige spreekgewoonten
 Passen van lezingen in een tijdschema
 Verbetering van oratorische eigenschappen
 Voorbereiding van toespraken
 Voorbereiding van preken
 Voorbereiding van pleidooien
 Beproeven van het effect van toespraken
 Opnemen van vergaderingen
 Corrigeren van spreekfouten
 Zelfkritiek voor wat betreft welsprekendheid, uitdrukkingsvermogen, overtuigingskracht, uitspraak, intonatie, dictie, beknoptheid, doeltreffendheid, helderheid van betoog, enz.

D. LOGOPEDIE

Overwinnen van verlegenheid
 Demonstreren van juiste spraak
 Opnieuw aanleren van spreekgewoonten
 Methode van de verlaagde snelheid
 Methode van de verhoogde snelheid
 Corrigeren van spraakafwijkingen
 Verbetering van ademhalingstechniek
 Afwennen van accenten
 Afleren van verkeerde uitspraak
 Corrigeren van stotteren en stamelen
 Verbeteren van monotone spraak
 Opheffen van herhaalde verkeerde stembuiging

E. MEDICIJNEN

Laryngologie
Psychoanalyse
Suggestie tijdens de slaap
Hypnopedie
Controle van de tonen van het hart en de luchtwegen
Opleiding van doofstommen
Medische opleiding
Medische congressen
Vastleggen van symptomen, anamneses, mededelingen, recepten, afspraken
Controleren van het verloop van een behandeling
Vertraagde telefonische boodschappen
Vastleggen van commentaar tijdens operaties
Instructies bij massaal thoraxonderzoek
Corrigeren van spraakafwijkingen

F. OPLEIDING VAN DOOFSTOMMEN

Aanleren van geluidswaarneming
Versterkte muziek voor ritmische oefeningen
Gehoorproeven

G. BLINDEN

Gesproken boeken en cursussen

H. KERKELIJK LEVEN

Vorbereiden en instuderen van preken
Verhogen van de doeltreffendheid van het gesproken woord
Zelfkritiek voor beginnende predikanten
Bewaren van preken
Opnemen van preken van belangrijke kerkelijke personages
Kanselboodschappen van centrale kerkelijke organen
Opnemen van preken voor zieken en invaliden en voor afgelegen buurtschappen
Speciale diensten voor bejaarden
Diensten voor gevangenen
Orgelmuziek en klokken voor kleine kerken en kapellen
Speciale kooruitvoeringen
Repetities van het kerkkoor
Beoordeling van orgelmuziek
Begeleiding van diensten in de open lucht
Ronde-tafel discussies
Kerkelijke congressen

Fancy-fairs
Inzamelacties
Beoordeling van predikanten
Uitwisselen van banden met zendelingen en missionarissen

I. JOURNALISTIEK

Opnemen van doorgetefoneerde verslagen
Interviews
Reportages
Woordelijke opname van vergaderingen, toespraken en besprekingen
Controle op volkomen juistheid

J. ZAKENWERELD EN INDUSTRIE

Dicteren van brieven
Dicteren van brieven en verslagen voor typistencentrales
Bijeenkomsten, conferenties, overzichten, rapporten, discussies
Instructies aan employé's
Intercommunale en internationale telefoongesprekken
Telefoongesprekken van meer dan normaal belang
Besprekingen waaraan juridische consequenties kunnen zijn verbonden
Bewijsmateriaal in geval van verschil van mening
Opleiding en oefening van de verkoopstaf
Marktonderzoek
Van tevoren opnemen van toespraken en bijdragen voor conferenties
Mondelinge rapporten van tijdelijke aard
Ronde-tafel discussies
Besprekingen met sollicitanten
Besprekingen met employé's
Commentaar bij diapositieven en filmstrips
Commentaar bij grafieken en wandtableaus
Commentaar bij „stomme” instructiefilms of geluidfilms in een vreemde taal
Beursnoteringen
Telefonische opdrachten aan makelaars
Opleiding van telefonistes
Muziek bij het werk
Doorgeven van boodschappen en instructies
Automatisch geven van instructies bij alarmtoestanden
Tijd- en bewegingsstudies
Productierapporten
Opleiding en oefening van technisch personeel

Continue opname van industriële processen voor het vermijden of reconstrueren van ongevallen en mislukkingen

Lawaaimetingen

Vergelijking van „geruisloosheid” van producten en machines

K. WINKELS EN WARENHUIZEN

Achtergrondmuziek

Mededelingen aan het publiek

Herhaling van slagzinnen

Verklaringen bij demonstraties

Opnemen van het oordeel van klanten

Reclame bij etalages en in trappenhuizen

„Influisterende” roltrappen en liften

Sprekende automatieken

Opleiding en oefening van verkopers

Verbetering van verkooppraatjes

Opnemen van klachten van klanten

Het snel opnemen van voorraden

L. RECLAME EN VOORLICHTING

„Geheime stem” bij vitrines en op tentoonstellingen

Opname via verborgen microfoons en direct daarop weergave voor het publiek

Op de band vastleggen van verkoopargumenten

Reclameteksten voor herhaalde uitzending

Muziek en aankondigingen in propaganda-auto's

M. HOTELS EN CAFÉ'S

Ononderbroken muziek in café's en restaurants

Dansmuziek op feestjes

Toespraken, fanfares en achtergrondmuziek bij officiële diners

Opnemen van vergaderingen en conferenties

Opnemen van mededelingen aan gasten

Gesproken-brieven service voor gasten

N. OVERHEID

Diplomatieke dienst

Uitwisseling van mededelingen en instructies, bijvoorbeeld tussen het ministerie van buitenlandse zaken en ambassades en gezantschappen

Opnemen van interlocale en internationale telefoongesprekken

Afluisteren van radioprogramma's

Codeberichten

Van tevoren vastleggen van toespraken

Opnemen van officiële toespraken
 Informatie-afdelingen
 Raadsvergaderingen

O. JUSTITIE EN POLITIE

Recherchewerk
 Justitieel onderzoek van strafzaken
 Vastleggen van bewijsmateriaal
 Telefoongesprekken
 Ondervragingen, getuigenverklaringen, bekentenissen
 Kruisverhoren
 Voorbereiding van pleidooien van het Openbaar Ministerie en de verdediging
 Vastleggen van rechtszittingen
 Opnemen van laatste wilsbeschikkingen
 Mededelingen van de patrouillewagendiensten

P. THEATERS EN BIOSCOPEN

Repetities en voorstellingen van toneelstukken, variété-nummers, concerten, enz.
 Achtergrondmuziek op het toneel
 Achtergrondgeluiden en effecten
 Kunstmatige dialogen
 Kunstmatige duetten, enz.
 Overwinnen van plankenkoorts
 Vastleggen van de reacties van het publiek
 Pauzemuziek
 Reclameprogramma's
 Commentaar bij diaposities
 Nasynchroniseren van films
 Herhaalde mededelingen
 Begeleidingsmuziek

Q. STRIJDKRACHTEN

Instructies, bevelen en mededelingen
 Bewijsmateriaal
 Opnemen van telefoongesprekken
 Opleiden en examineren van militair personeel
 Morse, geluid van explosies, geluid van vliegtuigen
 Herkenning van geluiden
 Testen van personeel
 Herhaalde mededelingen in kazernes

Hoornsignalen
Muziek in kazernes
Repetities en uitvoeringen in ontspanningszalen
Repetities van militaire kapellen

R. VOLKENKUNDE, NATUURLIJKE HISTORIE

Vastleggen van dialecten
Vastleggen van weinig bekende talen
Locale muziek en geluiden
Studie van exotische talen
Mondelinge rapporten van expedities
Afspelen van muziek voor inboorlingen
Geluiden van zoogdieren, vogels en insecten

S. LANDBOUW

Verjagen van vogels
Uitroeien van knaagdieren en insecten

T. SPOORWEGEN

Amusement voor passagiers
Automatische mededelingen op stations

U. HISTORISCHE GEBOUWEN EN MUSEA

Automatische rondleidingen
„Licht en Geluid” shows

V. IN DE HUISKAMER

Familie-geluidsalbum
Kinderstemmen
Gesproken brieven aan familie en vrienden
Internationale uitwisseling van banden
Huwelijksplechtigheden, jubilea, reünies
Feesten en partijen
Gezelschapspelletjes op band
Muziekrepertoire
Ononderbroken populaire muziek
Opnemen radioprogramma's voor weergave op een geschikter ogenblik
„Gesproken boeken” voor bejaarden en invaliden
Geluid bij amateurfilms
Karaktervorming bij kinderen

XXII. ALGEMEEN ONDERWIJS EN MUZIEK- STUDIE

Ook als hulpmiddel bij het onderwijs wordt de bandrecorder vaak nog te weinig toegepast. Voorts komt het nogal eens voor dat men hem niet gebruikt in gevallen waarin een dergelijk apparaat juist bijzonder goede diensten kan bewijzen

Men is zich, zelfs in weinig vooruitstrevende onderwijskringen, wel bewust, dat de methodiek van het lesgeven langzamerhand verandert, maar dit houdt blijkbaar nog niet in dat men de consequenties, als schoolradio, grammofoon, televisie en nu ook de magnetische recorder zonder voorbehoud aanvaardt.

Eenzelfde verschijnsel deed zich destijds voor, toen vooruitstrevende elementen zanglessen, lichamelijke opvoeding en medische en tandheelkundige verzorging van schoolkinderen wilden invoeren. Toch zijn deze thans volkomen geaccepteerde vakken in wezen min of meer vreemd aan het leerplan. Uit het volgende zal echter blijken, dat de recorder juist is voorbestemd een integrerend deel van het onderwijssysteem te zijn.

De taak van de school – onverschillig van welk type – is het bijbrengen van kennis. Deze taak is echter onverbrekkelijk verbonden met die van de vorming van leerlingen. Kleine kinderen worden gevormd tot grotere, grote tot volwassenen, en volwassenen op een avondschool trachten een hoger niveau te bereiken. De pedagoog brengt hun kennis bij, maar leidt hen tevens mee door een evolutieproces dat vaak meer nog ingrijpt in de persoonlijkheid dan in arsenaal van kennis van de leerlingen.

Het is gebleken dat de bandrecorder een belangrijke invloed kan uitoefenen op de persoonlijkheidsvorming.

Het gaat bij het onderwijs om niet te onderschatten waarden en belangen. De pedagoog zal zich dan ook niet gauw tevreden dienen te stellen met de middelen die hem ten dienste staan. Hij zal elke mogelijkheid tot verbetering van de leermethodes aanpakken. Hij zal alles verwelkomen – in het bijzonder de magnetische geluidstechniek – wat hem steunt in zijn taak: het verspreiden van kennis en de hulp om van die kennis een zo effectief mogelijk gebruik te maken – in gedachten, in woord en geschrift.

Nu het medium bandrecorder een aantal jaren over de gehele wereld in allerlei takken van de maatschappij in gebruik is, hebben wij een meer volledig overzicht kunnen krijgen van de doeleinden waarvoor hij wordt toegepast. Grotendeels blijken deze toepassingen te liggen op het gebied van „zich leren uit te drukken”. Dit geldt voor staatslieden, gees-

telijken, gelegenheidsredenaars, zakenlieden, onderwijzers, musici, artsen en vertegenwoordigers. De gemakkelijke gelegenheid die de recorder biedt om geluid vast te leggen en onmiddellijk weer te reproduceren zo vaak men wil, betekent voor eenieder dat hij vrijwel elke manier van zich uit te drukken kan bestuderen, controleren en zonodig verbeteren. Het blijkt keer op keer dat het spreken voor de microfoon gepaard gaat met een zekere spanning, die stimulerend werkt op de prestatie. Ook al is het spreken van een recorder niet „onherroepelijk”, zoals bij een directe radio-uitzending, het feit dat men straks onbarmhartig precies te horen krijgt wat er gezegd is, heeft vaak een positieve invloed. In het begin geeft het wel eens aanleiding tot een zekere plankenkoorts – microfonitis – maar het verdwijnt geleidelijk.

Laten wij terugkeren tot het klaslokaal, dat, misschien naar aanleiding van ons betoog, inmiddels een recorder rijk is geworden. Wij zien nu op het lesrooster een verscheidenheid van leervakken waarbij hij zijn diensten kan bewijzen voor de vorming van leerlingen. Nog afgezien daarvan kan hij ook buiten de uren van het rooster goed van pas komen.

Het begrip „algemene vorming” zal vermoedelijk niet als een afzonderlijk vak in het programma zijn opgenomen, maar dan kan men het zich indenken als te zijn ondergebracht bij alle vakken. Een belangrijk onderdeel ervan vormt het *spreken* door de leerling individueel, voor de klas, in een discussie. Het onderwerp kan buiten beschouwing blijven; het gaat er in de eerste plaats om *hoe* hij het zegt. En daarbij komt de recorder in het spel.

Het toestel is onbarmhartig maar eerlijk. Het bereidt vrijwel iedereen die zijn stem voor het eerst hoort een desillusie. Velen herkennen zelfs hun eigen stem niet. Men hoort die namelijk normaliter door beengleiding en via de beide oren, en dan nog terwijl men het grootste gedeelte van zijn aandacht aan het spreken zelf besteedt. Uit de recorder hoort men, alleen via de oren, objectief zijn eigen stem zoals anderen die horen: *met* accent, haperingen, stopwoorden en te vlugge, te langzame of te onduidelijke spraak.

Maar in de desillusie schuilt tevens een openbaring, en dat deze zo vroeg mogelijk aan de dag treedt is van belang. Iemand die slecht spreekt en pas later de desillusie krijgt zich daarvan bewust te worden doordat bij voorbeeld de mensen hem vervelend vinden, komt in een veel slechtere positie. Hij begrijpt niet dat het ligt aan de manier waarop hij zich uit en zal het daarom blijven zoeken in de inhoud van zijn woorden. Dat zal hem uiteraard weinig helpen, en hij wordt onzeker en komt er niet meer uit.

Taalonderwijs – Bij het onderwijs in de eigen taal vallen als toepassingsvoorbeelden te noemen: dictees, voordrachten, leeslessen (gewoon

hardop laten lezen) en de leerling vervolgens naar de recorderweergave – met of zonder commentaar – laten luisteren (het commentaar bijvoorbeeld ook door de andere leerlingen te laten geven). Bij dit onderricht kan de klas bijvoorbeeld naar kwaliteit in groepen worden verdeeld.

Inprovisatievermogen kweekt men aan door voor de recorder een verhaal te laten navertellen, of door iets te doen vertellen aan de hand van een paar gegevens. Onder een zekere spanning worden de leerlingen bewogen tot het scheppen van originele verhalen, puntdichten en toneelstukjes en geïmproviseerde speeches (waartoe ze anders waarschijnlijk niet de moed of het vermogen zouden kunnen opbrengen; men late hen daarom eerst een ruw plan op papier zetten).

Het algemene nut is dat men met behulp van de recorder leert iets snel en bondig uiteen te zetten en met overtuiging te spreken. Voorts kan het heus geen kwaad, een leerling zijn scherpe critiek, zo eigen aan de jeugd, maar eens op zijn eigen verrichtingen toe te passen.

Vreemde talen – Beluisteren en nazeggen van door landslieden gesproken teksten. Dito van door de leraar gesproken, eventueel gechargeerde uitspraakoefeningen. De leerlingen worden dan minder afgeleid. Hier biedt een stereofonische recorder het voordeel dat men op het ene spoor de tekst van de leraar kan opnemen en op het andere die van de leerling, en dan beide kan vergelijken.

Een goede stimulans vormt de internationale uitwisseling van banden tussen scholen.

Geschiedenis en staatsinrichting – De leraar kan zelf interessante programma's samenstellen, o.a. met behulp van thuis van de radio opgenomen politiek of historisch belangrijke toespraken. De leerlingen kunnen dit ook zelf doen, gedurende of buiten de lessen, of historische luisterspelen opvoeren. Er zijn hiervoor genoeg geschikte biografieën en historische boeken te vinden. Op deze wijze gaat de geschiedenis, die vele leerlingen een droog onderwerp lijkt, opnieuw leven.

Aardrijkskunde – De leraar neemt buitenlandse uitzendingen op van de radio. Land- en volkenkunde kan niet levendiger worden onderwezen dan met opnamen uit het land zelf.

Natuurlijke historie – Diverse interessante radiocauserieën kunnen door de leraar worden opgenomen. Bij excursies kan men geluiden van dieren in de vrije natuur opnemen.

Zang- en muzieklessen – Zie het vorige hoofdstuk en het tweede gedeelte van dit hoofdstuk.

Lessen in machineschrijven – Dictaten worden van tevoren opgenomen. De leraar behoeft niet meer te schreeuwen om boven het lawaai

van de schrijfmachines uit te komen. De dictaten kunnen nu precies worden afgemeten en met de juiste snelheid gegeven. Gebrek aan schrijfmachines maakt het veelal nodig, examens in dit vak in groepen af te nemen. Met behulp van de recorder krijgt elke adspirant-typiste dezelfde tekst met dezelfde snelheid en op dezelfde wijze gedictieerd. Bovendien kan de band altijd als bewijsstuk dienen, wat trouwens ook bij andere soorten examens het geval kan zijn. Bij conceptwerk kan het tikken van een metronoom op band worden opgenomen en luid weergegeven.

Audio-visuele hulpmiddelen – Met de recorder kunnen teksten en muziek worden vastgelegd en afgedraaid bij diapositieven, stopfilms, stomme films en geluidsfilms met commentaar in een vreemde taal. De bandopname maakt bij het vertonen van diapositieven een verlichte kathedr overbodig.

Jeugdhoorspel – Met improvisatie is bij gebruik van een recorder in de klas al veel te bereiken, maar buiten klasverband nog meer. Ook vrijetijdsbesteding en zelfwerkzaamheid worden erdoor gestimuleerd. Geluiden kunnen worden bijgemengd; rollen kunnen door de leerlingen zelf worden verdeeld.

Schoolradio – De uitgezonden programma's passen niet altijd in het lesrooster en bovendien willen de leerkrachten de lessen vaak naar geschiktheid en lengte voorselecteren. De recorder biedt alle mogelijkheden voor wat betreft aanpassen, inkorten en met verklaringen aanvullen van programma's voordat ze voor de klas worden afgespeeld. De banden kunnen ook worden bewaard en eventueel uitgeleend aan andere klassen, of zij kunnen onder beheer blijven van de vakleraar die dezelfde lessen in verschillende parallelklassen geeft.

Landelijke uitwisseling – De scholen onderling kunnen ook banden uitwisselen, bijvoorbeeld van eigen programma's, hoorspelen, geslaagde zeldzame opnamen van een bepaalde leraar. De programma's zullen doorgaans door de leerlingen zelf moeten worden gemaakt en kunnen bijvoorbeeld handelen over de school, de stad en locale gebeurtenissen.

Internationale uitwisseling – De bandjes voor dit doel zullen in het algemeen moeten worden gemaakt met behulp van de leraar voor de taal van het corresponderende land. Vooral de Engelse en Spaanse taalgebieden zijn groot. Het Engelse taalgebied telt verreweg de grootste aantallen verenigingen en bonden voor uitwisseling van magnetische geluidsbanden op elk mogelijk gebied. De bekendste is wel de World Tape Pals. Het lijkt geen twijfel dat internationale uitwisseling van banden tussen tienduizenden enthousiaste amateurs van elke soort en leeftijd veel vriendschap en begrip kweekt.

Waardering van schoolresultaten – Een waardebeoordeling van de vooruitgang in de klas is dikwijls noodzakelijk. Juist aan de hand van een bandopname kan deze zeer verhelderend voor de leraar werken; op deze wijze krijgt hij over de resultaten van zijn leermethodes indicaties die hij anders nooit zou hebben gehad.

Diverse doeleinden – Op ouderavonden afdraaien van in de klas gemaakte opnamen. Instuderen van rollen bij schooluitvoeringen. Opnamen van uitvoeringen voor het schoolarchief. Het opnemen door de leerlingen van huldigungsprogramma's voor school- en lerarenjubilea, bijvoorbeeld met medewerking van (eventueel niet aanwezige) oud-leerlingen. Van te voren opnemen van muziekbegeleiding bij uitvoeringen. Opnamen maken tijdens excursies en schoolreizen. Belangrijke lessen vastleggen voor zieke en invalide leerlingen; opnemen van vorderingen van dergelijke leerlingen. Het ligt voor een groot deel aan de fantasie van de leraar hoever hij met zijn recorder komen kan. Hij heeft er een hulpmiddel mee in handen dat het onderwijs niet alleen waardevoller, maar voor de leerling ook attractiever en levendiger maakt. Een verder voordeel is dat de leerkracht er ook thuis mee kan studeren en zijn lessen voorbereiden.

Muziekstudie

Naar het oordeel van vele muziekpedagogen is het muziekonderwijs nog het meest gebaat bij de toepassing van recorders. De redenen hiervoor zijn van economische, praktische en technische aard.

Economisch is het gebruik van een bandrecorder omdat men voor een redelijke prijs een voor zijn doel geschikt apparaat kan kopen en de magneetbanden een vrijwel oneindig aantal malen kunnen worden afgespeeld zonder kwaliteitsverlies, en zij steeds voor nieuwe opnamen kunnen worden gebruikt. Voorts zijn de onderhoudskosten van een recorder veel lager dan van, bij voorbeeld, een piano, die geregeld moet worden gestemd.

Praktisch is de toepassing van een recorder omdat het maken van een behoorlijke en goed bruikbare opname geen vakkennis vereist. Verder is het transport van een recorder uiterst gemakkelijk en kan hij zonder enige moeilijkheid op een geschikte plaats worden opgesteld.

Technisch is de kwaliteit van een recorder zodanig dat zij niet behoeft onder te doen voor de kwaliteit die men gewend is van een radio-ontvanger te beluisteren.

Zelfstudie – Bij de studie van vakmusici is de recorder een niet te onderschatten hulpmiddel; bovendien bespaart hij veel tijd en moeite.

Gedurende het bespelen van een muziekinstrument moet men in het algemeen drie dingen doen:

vooruit lezen van de bladmuziek;

op de juiste wijze uitvoeren van de bladmuziek;
luisteren naar het resultaat.

In de praktijk komt dit laatste punt vaak in het gedrang. Het is een bekend verschijnsel dat slechts weinigen – en dit geldt in het bijzonder voor studerende – in staat zijn een oordeel te vellen over de klank, de geaardheid en de voordracht van hun eigen spel. De studie van gevorderde amateurs, beroepsmusici en podiumsolisten in het bijzonder – die dus in het algemeen geen grote moeilijkheden hebben met de eerste twee handelingen – bestaat grotendeels in het leren beluisteren van hun eigen spel. Hiervan is het namelijk sterk afhankelijk of zij de kwaliteit van hun musiceren kunnen verbeteren. Indien men zijn spel op band vastlegt, kan men zich bij het afspelen volledig op het afluisteren concentreren. Met de critiek op eigen spel in gedachten of genoteerd, kan men precies bepalen welke passages moeten worden veranderd. Het instuderen en herhalen kan worden beperkt tot juist datgene wat nodig is; hierin schuilt een flinke besparing aan tijd en energie.

Men kan bij deze vorm van muzikale zelfstudie de werkwijze het best individueel aanpassen. Na verrassend korte tijd merkt men al de resultaten. Naast dit min of meer algemene gebruik van de recorder staan echter nog vele speciale toepassingsmogelijkheden, die hier in het kort worden genoemd:

Het instuderen van een solopartij voor concerten – Voor het werkelijk behoorlijk kennen van concerten – en dit geldt wel in het bijzonder voor pianisten – is studie mét begeleiding welhaast onontbeerlijk. De recorder biedt de mogelijkheid deze begeleiding eenmaal vast te leggen en een ongelimiteerd aantal malen af te spelen. Men heeft dus niet telkens een orkest nodig. Bij het instuderen van pianoconcerten had men tot dusverre vaak een extra pianist en dus een tweede piano nodig!

Voor dubbelconcerten geldt hetzelfde; bovendien kan men hier bij de opname de tegenmelodie zelf spelen.

Ensemble-spel – Hier zijn de bijzondere eigenschappen van de recorder wel zeer opvallend. Het was tot nu toe voor een ensemble-speler vrijwel ondoenlijk een juist idee te krijgen van de werkelijke samenklank van het geheel, omdat zijn noodzakelijk medespelen hem dit belette. Door het gespeelde werk op te nemen en gezamenlijk te critiseren, wordt ook hier veel tijd en moeite bespaard, zodat men dus vlugger tot goede resultaten komt.

Het bestrijden van plankenkoorts – De recorder kan de toekomstige solist voor een groot deel bevrijden van de zo gevreesde plankenkoorts. Krijgt men bij het spelen voor een recorder aanvankelijk hetzelfde gevoel

van onherroepelijkheid als op het podium – bij herhaaldelijk opnemen en het zich gewennen aan de methode zal men ook geruster worden op zijn prestatie in het publiek (die met het kritisch instuderen immers ook steeds beter wordt!). Vooral voor jonge solisten is dit van groot belang. De gelegenheid, op het podium zelf aan het optreden in het openbaar te wennen zonder min of meer ernstige gevolgen in het begin van iemands carrière, is maar klein. De magnetische recorder kan als tussenfase bij het aankweken van zelfvertrouwen dus vaak een oplossing betekenen.

Radio-opname – Hierbij doen zich vele mogelijkheden voor. Men zet bijvoorbeeld een radio-opname en een eigen interpretatie achter elkaar op band. Het constateren van verschillen is uiterst leerzaam. Ook is het mogelijk, zelf tijdens het afspelen van het bandje mee te spelen. Juist door dit herhaaldelijk te doen – wat alleen mogelijk is indien men de opname in zijn bezit heeft – kan men veel aan zijn spel verbeteren.

Evaluatiestudie – Hieronder verstaat men het van tijd tot tijd in chronologische volgorde afdraaien van vroegere opnamen van zichzelf. Op deze wijze kan men goed zijn eigen vorderingen beoordelen. Deze methode wordt als zeer instructief beschouwd en vindt daarom steeds meer toepassing.

Er bestaan talrijke boeken en geschriften over de methodes van lesgeven bij het muziekonderwijs. Het is waarschijnlijk dat een groot gedeelte hiervan verouderd zal raken en dat vele nieuwe verhandelingen zullen verschijnen als de magnetische recorder definitief in de leskamers van muzikleraren zal zijn ingeburgerd. Er is zich een revolutie aan het voltrekken op het gebied van de methodiek.

Om de specifieke voordelen bij het muziekonderwijs te onderzoeken, moet men onderscheid maken tussen ten minste drie categorieën (wij baseren ons hierbij in hoofdzaak op pianoleerlingen):

beginnelingen – tot ongeveer vijf jaar studie,
gevorderden die amateur willen blijven,
vakleerlingen.

Hier volgen enige aan de praktijk getoetste aspecten.

Beginnelingen – Een ingestudeerd werkje opnemen en afdraaien. De leerling erbij laten tellen of met triangel laten tikken. Fouten door de leerling zelf laten uitzoeken en noteren in muziekboek. Met de leerling de voordracht bespreken.

Bij een nieuw in te studeren werk, de leerling met één hand laten spelen en hiervan een opname maken. Afdraaien en de andere hand mee laten spelen. Dit is veel aantrekkelijker en nuttiger dan de tot dusverre gebruikelijke manier.

Deze methode – eerst een partij of stem opnemen en later het overige aanvullen – kan ook uitstekend worden toegepast bij quatre-mains, liedjes met begeleiding, toonladders en études. De leerlingen leren zo het noodzakelijk *moeten* volgen van een ander. Zij voelen beter de noodzaak door te spelen en niet rustig te zoeken tot zij een moeilijke passage volledig onder de knie hebben. Bovendien ontstaat de psychologisch heilzame situatie dat de leerling, als het niet wil lukken, met zichzelf in conflict komt en niet met anderen.

Ter bevordering van de gehoorontwikkeling speelt de leraar enkele tonen of een korte melodie. Bij het afspelen moet de leerling dan zeggen welke tonen het waren. Het nut hiervan blijkt in het zogenaamde toontreffen.

Voor het leren luisteren: achter elkaar op band zetten van een stukje, gespeeld door de leraar en hetzelfde gespeeld door de leerling. Het verschil in klank, sterkte en aanleg blijkt dan voor de leerling veel duidelijker dan bij het gewone voorspelen. De leerling zit bij beide beurten op dezelfde afstand van de geluidsbron.

Gevorderden – Bij gevorderde instrumentale leerlingen onderscheidt men in het algemeen twee categorieën, namelijk de zelfbewusten (vol afkeurende kritiek op de verrichtingen van anderen) en de bescheidenen (die de neiging hebben te veel zelfkritiek toe te passen). De invloed van deze verwrongen instellingen op de vorderingen van de leerlingen moet men niet onderschatten. Het is van groot nut, corrigerend op te treden. Ook hier is de recorder een prachtig hulpmiddel.

De zelfbewusten hebben scherpe kritiek op anderen, maar deze eigenschap wordt in hun eigen voordeel aangewend wanneer zij via een recorder hun eigen spel te horen krijgen.

Praktisch allen krijgen een flinke schok – want natuurlijk is hun spel minder volmaakt dan zij dachten – en het kan moeilijk anders of dit komt hun studeren ten goede.

De bescheidenen daarentegen horen ineens dat hun spel toch zo slecht nog niet is. Zij horen er iets in wat zij bij anderen bewonderen en waarvan zij meenden dat zij hetzelfde niet hadden. De recorder geeft hun zelfvertrouwen. Meer nog dan de goedkeurende woorden van de leraar, stimuleert hij tot vlijtig en minder gedwongen doorstuderen, omdat hij de overtuiging geeft dat het de moeite waard is.

Overigens is het werken met de recorder bij gevorderde leerlingen in grote trekken hetzelfde als bij beginners en zelf-studerenden. Evaluatiestudies, zowel van de prestaties van één leerling als van die van een aantal leerlingen die in eenzelfde tempo studeren, zijn ook voor de leraar zeer nuttig. Een ander voordeel, voor leraar en leerling beiden, is het feit dat de leerling rustig een geheel stuk kan spelen zonder dat de leraar hem

behoeft te onderbreken voor het attenderen op fouten, of dat de leraar alle fouten precies hoeft te onthouden. Bij het afdraaien is het ook gemakkelijk te stoppen en de leerling een foutieve passage nóg eens te laten horen.

Vakleerlingen – Behalve de reeds gereleveerde mogelijkheden, biedt de recorder de vakleerling gelegenheid zich voor te bereiden op zijn eventuele toekomstige taak als muziekpedagoog. Men kan voor een dergelijke vakleerling een complete les van een beginneling opnemen (tijdens de les wordt deze dan niet afgeleid); ook gedeelten van een dergelijke les kunnen van belang zijn. De vakleerling moet kunnen zeggen welke fouten er in de opname zitten en hoe hij die zou verbeteren.

Voor vakleerlingen die voor solfège werken is de recorder ideaal voor gehooroefeningen en dictees. Het aantal malen afdraaien dat nodig is voordat het dictee is genoteerd, vormt een goede maatstaf voor het constateren van de vooruitgang. Ook het vastleggen van de stem bij oefeningen in toontreffen, en pas daarna het aantonen van de zuiverheid door het naspelen aan de piano, is veel doeltreffender dan de gewone manier: één toon zingen en die bepaalde toon controleren.

XXIII. DIVERSEN

Het aansluiten van een recorder aan een radio-ontvanger

Het aansluiten van een recorder aan een ontvanger kan verschillende bedoelingen hebben:

het opnemen van radioprogramma's en grammofoonmuziek;

het weergeven via de luidspreker van de ontvanger, voor het verkrijgen van betere kwaliteit.

Naarmate de recorder aan populariteit won en in grotere aantallen werd verspreid, ging de industrie ertoe over, radio-ontvangtoestellen geschikt te maken voor aansluiting van een dergelijk apparaat. Dit was meestal merkbaar aan een paar speciale aansluitbussen op de ontvanger.

In Duitsland heeft men hiervoor een andere methode gevolgd dan bijvoorbeeld in Nederland, zodat men een recorder die in het ene land is gefabriceerd niet altijd zonder aanpassing aan een radio uit een ander land kan aansluiten.

Laat ons eens zien hoe men in diverse gevallen de beste resultaten kan bereiken.

Allereerst zullen wij nagaan waar de aansluitbussen voor een recorder het best in een ontvanger kunnen zijn aangebracht. Een radio bestaat in hoofdzaak in een laagfrequentie- en een hoogfrequentiegedeelte. In het laatste worden de onhoorbare signalen, die door de antenne zijn opgevangen, versterkt. Deze hf-signalen transporteren als het ware de lf-signalen – de geluidssignalen die door de microfoon in de studio zijn opgevangen.

Een speciale radiobuis, de diode (in de frequentiemodulatie-ontvangtechniek vervangen door een zogenaamde discriminator), scheidt de signalen van lage en die van hoge frequentie. De eerstgenoemde worden vervolgens door de „eindtrap” van de ontvanger versterkt en naar de luidspreker gevoerd. In deze eindtrap bevinden zich tevens de volumeregelaar, de klankkleuregelaar en eventuele extra correcties voor de lage tonen.

Is de radio voorzien van een pick-up aansluiting, dan wordt met behulp van een schakelaar de verbinding tussen de diode (discriminator) en de eindtrap verbroken, en worden de bussen voor aansluiting van de pick-up aangesloten op de eindtrap. De eindtrap doet nu dienst als pick-up versterker. Vaak is de eindtrap ook voorzien van een paar bussen voor aansluiting van een extra luidspreker.

Moderne ontvangers – voor zover zij niet in de lage prijsklassen of in de klasse van de draagbare toestellen vallen – hebben dan vaak ook nog

een paar speciale aansluitbussen voor een recorder. Deze zijn verbonden met de diode, zodat het laagfrequentiesignaal direct door de recorder kan worden opgenomen. Op deze wijze krijgt men een betere kwaliteit dan indien dit signaal eerst via de eindversterker en de bussen voor de extra luidspreker loopt. Bezit een ontvanger een dergelijke aansluiting niet, dan kan men deze door een radio-dealer laten aanbrengen. Men moet er echter rekening mee houden dat er twee types recorders met diode-aansluiting bestaan. Het ene heeft een tweepolige diode-aansluiting die zowel voor het opnemen van radiomuziek kan dienen als voor het weergeven van banden via de radio-ontvanger. Hiervoor is dus maar één tweaderige verbindingskabel nodig; eventueel één ader met afscherming. De inwendige schakeling van een dergelijke recorder is zo, dat in de opneemstand de kabel verbonden is met de opneemversterker met een ingangsgevoeligheid van 300 à 500 mV. In de weergeefstand van de recorder (meestal afgetakt voor de eindtrap), wordt een signaal van 300 à 500 mV aan de ontvanger geleverd. Het zal duidelijk zijn dat gedurende het weergeven de ontvanger op recorder weergave (meestal tevens pick-up weergave) moet worden geschakeld.

In Duitsland o.a. is de verbinding tussen recorder en ontvanger anders. Beide zijn voorzien van een driepolige stekker (oudere Duitse ontvangers hebben twee stel bussen), en deze stekkers worden verbonden met een

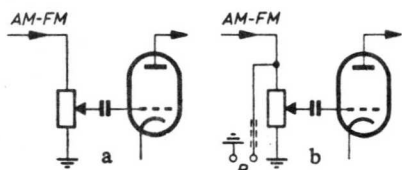


Fig. 160. a. Schematisch gedeelte van een radio-ontvanger waar het gedetecteerde AM signaal of het FM signaal via de volumeregelaar aan de laagfrequentietrap wordt doorgegeven.

b. Idem, hier echter tevens voorzien van een aansluiting voor een recorder. Deze zogenaamde diodeaansluiting kan zowel voor opnemen als weergeven worden gebruikt.

Signaalsterkte op de bussen R ongeveer 500 mV.

drieaderige kabel. Gedurende het opnemen worden de aders 1 en 2 gebruikt en komt 5 mV signaal de opneemversterker binnen. Bij het weergeven worden de aders 2 en 3 gebruikt en levert de weergeefversterker van de recorder ongeveer 500 mV.

Natuurlijk zullen er moeilijkheden ontstaan indien men een niet-Duitse ontvanger met een Duitse recorder wil verbinden, of omgekeerd. Wij zullen hier aangeven hoe men in verschillende gevallen de ontvanger kan laten veranderen (dit

is namelijk veel eenvoudiger dan het veranderen van de recorder) om toch een goede aansluiting te verkrijgen.

a. Aansluiting van een Nederlandse recorder met diode-uitgang op een radio zonder diode-uitgang. (Fig. 160).

b. Aansluiting van een Nederlandse recorder met diode ingang/uitgang

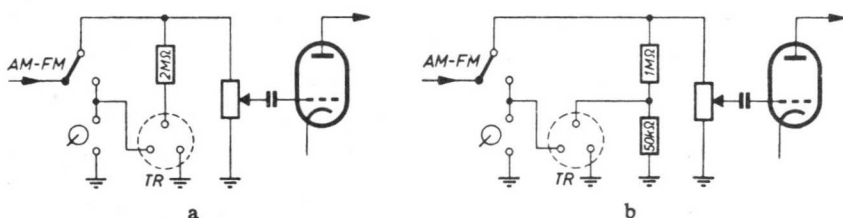


Fig. 161. a. Schema als Fig. 160, waarin echter een driepolige recorder aansluiting geschikt voor Nederlandse recorders. b. Idem, echter geschikt voor het aansluiten van Duitse recorders.

op een Duitse ontvanger. Hiervoor moet de spanning die de ontvanger afgeeft (5 mV) tot 300 à 500 mV worden verhoogd door de volgende wijziging in de schakeling: Fig. 161 a.

c. Aansluiting van een recorder met gescheiden diode-in- en uitgang aan een ontvanger met een Nederlandse recorderaansluiting. De recorder-uitgang van de ontvanger moet als volgt worden gewijzigd: Fig. 161b.

Liefst de weerstanden $1\text{M}\Omega$ en $50\text{ k}\Omega$ gebruiken. Levert de ontvanger dan te weinig signaal (minder dan 300 mV), dan $2\text{ M}\Omega$ en $100\text{ k}\Omega$ toepassen.

Het voeden van een recorder voor wisselspanning uit gelijkspanning

Voor dit doel moet men speciale omvormers gebruiken. In de handel bevinden zich verschillende types die van 6 – 12 – 24 of ca. 100 V gelijkspanning wisselspanning maken. Verder onderscheidt men draai- en trilomvormers. Deze laatsten hebben het voordeel dat zij een tamelijk constante frequentie afgeven, terwijl de spanning die zij leveren afhankelijk is van de accuspanning.

Bij gebruik van een omvormer moet men ervoor zorgen dat de belasting overeenkomt met die welke door de fabrikant is ingesteld, omdat anders, vooral bij trilomvormers, sterke vonkvorming optreedt, met als gevolg snel verbranden van de contacten en kans op gekraak door vonken.

Het lassen van magneetbanden

Het lassen van banden kan nodig zijn wegens breuk of omdat men gedeelten van bepaalde opnamen wil verwijderen en andere gedeelten met elkaar wil verbinden. Het geschiedt het gemakkelijkst met speciaal voor dit doel in de handel gebracht plakband.

Plakband voor lassen van magneetband moet aan verscheidene eisen voldoen; het moet sterk en soepel zijn, goede kleefkracht bezitten en voorzien zijn van een kleeflaag die onder druk en bij betrekkelijk hoge temperaturen niet gaat vloeien.

Wil men vermijden dat bij het weergeven van de band de las hoorbaar wordt, dan moet men de einden van de band onder een hoek van ongeveer 45° afsnijden. Men legt ze daartoe op elkaar, met de glimmende zijde naar boven en knipt ze gezamenlijk door. Over de las (punten van de band tegen en niet over elkaar leggen) brengt men ongeveer twee centimeter plakband aan, dat over zijn gehele oppervlak goed wordt aangedrukt.

Het meten van gejjengel en kanariën

Voor het meten van gejjengel en kanariën (wow en flutter) ten gevolge van onregelmatig bandtransport, maakt men gebruik van speciale apparaten. Hiermee kan de constructeur van een recorder niet alleen de sterkte van de wow en flutter meten, hij kan zelfs vaststellen welke onderdelen de oorzaak van deze onregelmatigheid zijn. Om de meting te verrichten neemt men een constante toon van 3000 of 5000 Hz op. Gewoonlijk is het systeem van de wow- en fluttermeter gebaseerd op het feit dat de ogenblikswaarde van de frequentie van het gereproduceerde signaal evenredig is met de ogenblikswaarde van de bandsnelheid. Het gevolg is dus een verschijnsel van frequentiemodulatie. Het gereproduceerde signaal van de band wordt nu gevoerd naar een frequentiemodulatie-discriminator, die een uitgangsspanning afgeeft welke evenredig is met de wow en flutter. Een meetinstrument geeft het percentage wow en flutter samen direct aan. Een beperker voorkomt foutieve metingen ten gevolge van amplitudevariaties van het weergegeven signaal, die meestal zijn te wijten aan onregelmatigheden in de band.

Het meetgebied van een dergelijk instrument loopt van 0,01 % tot ongeveer 5 %.

Er zijn ook instrumenten die wow en flutter afzonderlijk kunnen meten en een aansluitmogelijkheid hebben voor een kathodestraaloscilloscoop, waarmee men het karakter van de afwijkingen kan beoordelen.

Het meten van stoorgeluiden (geruis)

Stoorgeluiden zijn alle geluiden die door het registratiesysteem aan het weergegeven originele geluid worden toegevoegd.

Deze stoorgeluiden zijn meestal impulsvormig en niet sinusvormig. De indruk die zij op ons gehoor geven, is niet alleen afhankelijk van de grootte der impulsen maar ook van hun tijdsduur: we kunnen deze stoorgeluiden op twee manieren meten n.l. volgens de methode der *Effectiefwaarde* of der *Topwaarde* (piekwaarde).

Effectiefwaarde

Bij deze meetmethode moet het meetapparaat de effectieve waarde van de

impulsen, in de buurt van 200 ms kunnen aanwijzen waarbij de wijzer niet meer dan 15% overzwaai mag hebben.

Topwaarde

Bij een impulsduur van 10 ms moet 40-55% van de werkelijke waarde gemeten worden, bij een impulsduur van 250 ms moet 70-90% worden aangewezen.

Dit verloop komt met de oorgevoeligheidskromme overeen.

Door de CCIT is in 1956 de oorgevoeligheidskromme vastgelegd.

De metingen zijn alleen dan goed indien het geruis meer dan 30 dB onder het signaal ligt. Dit komt overeen met de gehoorkromme voor lage geluidsterkte. Deze gehoorkromme is bij 50 Hz ongeveer -40 dB ten opzichte van 1000 Hz. Bij 4000 Hz ongeveer +10 dB en bij 10 kHz ongeveer -10 dB ten opzichte van 1000 Hz.

Eindloze band

In de gevallen waarin een ononderbroken weergave verlangd wordt, of een regelmatige herhaling van bepaalde muziek of spraak gewenst is, kan met vrucht gebruik worden gemaakt van een eindloze band.

Een eindloze band is een band waarvan het begin aan het einde is vastgeplakt, zodat een lus is ontstaan en de opname ononderbroken wordt weergegeven. Er moet voor worden gezorgd dat de band met voldoende spankracht over de koppen loopt, ter verkrijging van een goede opname en weergave. Het gebruik van een spanrol is daarom bij korte lussen onontbeerlijk. Met behulp van speciale cassettes is het mogelijk een grotere lengte band continu weer te geven. Fig. 162 toont een cassette met een speeltijd van 20 minuten bij een bandsnelheid van 9,5 cm per seconde.

Snel doorspoelen of terugspoelen is bij deze cassette niet mogelijk. De erin gebruikte band heeft een zeer glad oppervlak, zodat de bandlagen in de cassette gemakkelijk over elkaar glijden. De band wordt aan de binnenzijde van de spoel naar buiten getrokken en aan de buitenzijde weer opgespoeld, en krijgt hierbij voldoende spankracht, zodat voor een goede weergave geen extra middelen nodig zijn.

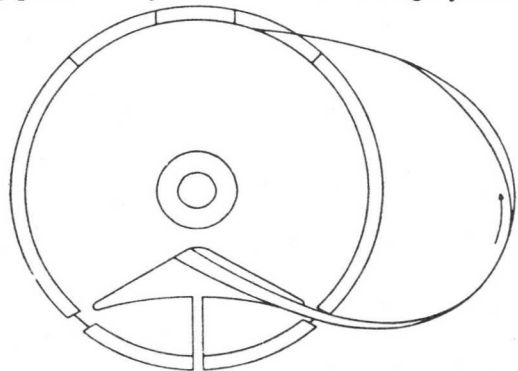


Fig. 162. Cassette met eindloze bandlus met een weergeeftijd van 20 minuten bij 9,5 cm/s bandsnelheid.

Enige opmerkingen over geluidsisolatie en over materialen ter verbetering van de akoestische eigenschappen van een ruimte

De wijze waarop lawaai dat buiten de opnameruimte wordt geproduceerd moet worden bestreden, is geheel verschillend van de methode tot het verbeteren van de akoestische eigenschappen (nagalmtijd) van deze ruimte.

Om het binnendringen van lawaai te voorkómen moeten we ervoor zorgen dat de wanden volkomen dicht zijn, zodat zelfs geen kleine openingen aanwezig zijn, en dat de wanden zwaar zijn. Het toepassen van *geluidabsorberende* materialen voor *geluidisolatie* levert in dit geval geen resultaat op.

Voor isolatie moet de wand zwaar zijn en liefst bestaan uit enige lagen van verschillende structuur. Vaak worden dubbele wanden toegepast, waarbij ervoor wordt gezorgd dat geen direct contact tussen deze wanden plaats heeft, maar dat dit, waar nodig, via elastisch materiaal geschiedt. Om de *akoestiek* van een zaal te beïnvloeden past men *geluidabsorberend* materialen toe. Het absorberen van geluid berust op het omzetten van geluidsenergie in warmte. Deze warmte ontstaat bijvoorbeeld door wrijving van verschillende luchtdeeltjes tegen het absorptiemateriaal. Deze warmteontwikkeling is zeer klein. Voor het verkrijgen van voldoende warmteontwikkeling om een klein schemerlampje te laten branden zullen ongeveer een miljoen mensen tegelijk luidkeels moeten zingen.

Voor het absorberen van geluid komen vele materialen in aanmerking. Ze zijn te verdelen in drie hoofdgroepen:

1. poreuse materialen,
2. resonatoren,
3. panelen.

Sommige materialen absorberen hoge tonen, terwijl lage tonen praktisch niet worden geabsorbeerd. Deze materialen zijn in het algemeen min of meer poreus.

Voorbeelden ervan zijn onze kleding, gordijnen, stoelbedekking en zelfs stucwerk. Zijn in een ruimte veel van deze stoffen aanwezig, dan klinkt het geluid dof, zoals bijvoorbeeld in een tapijt- of manufacturenwinkel. Poreuse akoestische stoffen zijn te onderscheiden in:

- a. harde poreuse materialen (akoestische pleister),
- b. zachte poreuse materialen (zachtboard),
- c. zeer zachte poreuse materialen (glaswol).

Het verschil in absorberend vermogen van deze materialen wordt duidelijk indien men bedenkt dat aan de betrekkelijk gladde wandjes van de poriën van pleisterwerk minder verlies zal optreden dan aan de vezelige poriën van zeer zachte materialen. Ook is het aantal poriën van het zachte materiaal groter.

Om lage tonen te absorberen kan men gebruik maken van *resonatoren* of van *panelen*.

Een bekend voorbeeld van een resonator is een leeg flesje. Blaast men langs de halsopening van een flesje, dan ontstaat een toon doordat de lucht in de fles gaat trillen. De toonhoogte is afhankelijk van de inhoud van de fles. Brengen we een dempend materiaal in de fles, bijv. watten, dan wordt de luchttrilling snel gedempt door de wrijving van de luchtdeeltjes met de watten. Wordt zo'n fles in een ruimte gebracht waarin verschillende tonen klinken, dan zal de toon die overeenkomt met de eigenresonantie van de fles worden gedempt. Deze demping heeft ook plaats bij de hoge tonen in poreuse materialen. De kanaaltjes tussen de vezels kunnen namelijk als evenzovele kleine resonatoren worden opgevat. Aangezien deze poriën zeer klein zijn, worden vooral de hoge tonen gedempt.

Wenst men met behulp van resonatoren een heel frequentiegebied aan lage tonen te absorberen, dan moeten veel resonatoren met verschillende eigenresonanties worden toegepast. In de praktijk gebruikt men hiervoor een soort tegels waarin gleufvormige of ronde openingen zijn aangebracht. Men kan ook lage tonen absorberen met behulp van panelen. Deze panelen hebben een eigenresonantie en worden door de lucht in trilling gebracht. Bestaan deze panelen uit hard materiaal, bijvoorbeeld triplex, dan brengt men achter tegen de panelen matrassen aan die de trillingen van de panelen dempen. Panelen van vezelige structuur zullen door de wrijving van deze vezels onderling gedempt worden. Door panelen van verschillende grootten aan te brengen kan een bepaald frequentiegebied van het geluid worden geabsorbeerd.

Door het oordeelkundig aanbrengen van deze drie hoofdgroepen van absorberende materialen kan de akoestiek van een bepaalde ruimte naar wens worden gewijzigd en kan men naar willekeur „levende” of „dode” zalen laten ontstaan.

VERKLARING VAN EEN AANTAL TERMEN

- aandrukuiltje** Vilten kussentje, gemonteerd op een verend armpje. Het vilten kussentje spanst de band strak over de magnetische koppen of drukt de band direct tegen de koppen aan. Nodig om een goede weergave van de hoge frequenties te verkrijgen.
- aandrukrol** Een met rubber of kunststof overtrokken rol, die de magneetband door middel van een spanveer stijf tegen de toonas aandrukt, zodat de band niet over deze as slipt. Voor het verkrijgen van de juiste bandsnelheid.
- aanloopband** Een niet-magnetische band, gewoonlijk van rode of groene kleur en die aan de beide uiteinden van een spoel magnetisch band wordt geplakt. Als indicatie van begin en eind, en om te voorkomen dat gedurende het inleggen de einden van de magneetband beschadigd worden.
- aanlooptijd** De tijd die verloopt tussen het ogenblik waarop de bandloop gestart wordt en het ogenblik waarop de band zijn normale snelheid heeft bereikt.
- acetaatband** Een band met een drager van acetylcellulose.
- achtergrondgeruis** Het geruis dat gedurende het weergeven hoorbaar is bij afwezigheid van het signaal. Het wordt in hoofdzaak gevormd door de onhomogeniteit van het magnetisch materiaal van de band, maar het kan ook gebrom en geruis bevatten.
- afstandsbediening** Een inrichting om een recorder op afstand te starten of te stoppen.
- akoestiek** Onder akoestiek van een zaal of een kamer verstaat men de eigenschap om bepaalde geluidsfrequenties snel of langzaam te absorberen (zie ook nagalm).
- akoestische behandeling** Het aanbrengen van geluiddempende materialen in een ruimte ten einde de akoestiek hiervan te veranderen.
- akoestisch frequentiegebied** De verhouding tussen de frequenties van het originele geluid en van het geluid dat wordt weergegeven via een luidspreker van een versterker of een recorder.
- automatische omkeer** Een inrichting die maakt dat de bandlooprichting aan het einde van de spoel omkeert, waarna automatisch het volgende spoor wordt opgenomen of weergegeven.

- automatische start** Een inrichting waarmee men de recorder laat aanlopen zodra een signaal aanwezig is.
- automatische stop** Een elektrische of mechanische inrichting die de recorder aan het einde van een band stopt.
- bandcassette** Een doos waarin een spoel of kern met band en een lege spoel of kern blijvend zijn aangebracht. De band komt lusvormig uit de doos. Met de cassette wordt het inleggen van de band in een recorder sterk vereenvoudigd.
- bandgeleider** Een pen of een plaatje voor of achter de magnetische koppen, dienend voor het geleiden van de band bij het opnemen of weergeven.
- bandlus** Een stuk band waarvan de einden aan elkaar geplakt zijn, waardoor een eindloze lus wordt gevormd. Deze lus kan worden gebruikt op een normale of een speciale recorder, al of niet in een cassette, om bepaalde berichten te herhalen, zonder dat de band behoeft te worden teruggespoeld.
- bandsnelheid** De snelheid waarmee de band langs de magneetkoppen wordt gevoerd. Standaard snelheden voor populaire recorders zijn 4,75 cm/s ($1\frac{7}{8}$ "/s), 9,5 cm/s ($3\frac{3}{4}$ "/s) en 19 cm/s ($7\frac{1}{2}$ "/s). Ook een snelheid van 2,9 cm/s ($15/16$ "/s) komt steeds meer voor. Hoge snelheid betekent gewoonlijk betere kwaliteit, lage snelheid bespaart band.
- Bi-Ampli** Het gescheiden weergeven of opnemen en weergeven van de hoge en de lage tonen, waardoor hoge kwaliteit (Hi Q) wordt verkregen. De beste resultaten ontstaan indien de hoge en de lage tonen afzonderlijk worden versterkt.
- compensatiefilter** Het ophalen of verminderen van de lage (en) of de hoge tonen gedurende het opnemen en weergeven voor het verkrijgen van een goede frequentie karakteristiek. Deze compensatie heeft automatisch in de recorder plaats en dient voor het corrigeren van afwijkingen in het recording-systeem en om de verhouding signaal-geruis te vergroten.
- decibel** Een verhoudingsgetal voor het vergelijken van elektrische vermogens of geluidssterkten. Het drukt dus b.v. de verhouding van de sterkte van het ene geluid tot die van een ander uit. Afkorting is dB.
Een dB is de kleinste verandering in geluidssterkte die het menselijk oor nog kan waarnemen.

- dode ruimte** Een ruimte waarin wanden, plafond en bodem bekleed zijn met geluid-absorberende stoffen, zodat deze vlakken praktisch geen geluid weerkaatsen.
- dubbelspoorreorder** Een recorder met magnetische koppen die slechts de halve bandbreedte magnetiseren. Hierdoor wordt de speeltijd van een band verdubbeld. Aan het einde van het eerste spoor wordt de spoel omgedraaid of de looprichting van de band omgekeerd, waarna het tweede spoor in tegengestelde richting naast het eerste wordt opgenomen en weergegeven.
- drager** Een dunne film van plastic, waarop de magnetisch gevoelige laag is aangebracht. De drager bepaalt de sterkte van band.
- dynamiek** De verhouding tussen de luidste ($\pm 3\%$ vervormde) en de zachtste passages van het signaal op de band. Gewoonlijk gemeten in dB.
- enkelspoorreorder** Een recorder die slechts één geluidsspoor over de volle breedte van de band opneemt (meestal alleen bij professionele apparaten).
- flutter of kanariën** Flutter is de frequentie-afwijking die in het algemeen ontstaat door onregelmatig bandtransport gedurende het opnemen en weergeven, en die niet voorkomt in het oorspronkelijke geluid. Het is een soort vervorming.
Opmerking. Flutter noemt men in het algemeen de snelheidsvariatie die een vrij hoge periodiciteit vertoont, b.v. boven 10 perioden per seconde. Bij een lagere periodiciteit spreekt men van „wow”.
- frequentie** De eenheid waarin de toonhoogte van geluid of elektrische trillingen wordt gemeten. De aanduiding is perioden per seconde of Hertz (Hz), in Engels sprekende landen ook wel cycles per second (c/s). De frequentie van het lichtnet is 50 Hz, die van de toon „a” 440 Hz.
- frequentiegebied** Het gebied van de hoogste tot de laagste toon dat een recorder kan reproduceren bij een bruikbare sterkte of volume. Bij 9,5 cm/s ($3\frac{3}{4}$ "/s) bandsnelheid per seconde ongeveer 40—13 000 Hz.
- frequentiekenarakteristiek** Het weergeefniveau van een recorder over een bepaald frequentiegebied, gewoonlijk in de vorm van een kromme opgetekend. Het is een meer gespecificeerde term dan „frequentiegebied”.

- gebrom** Een storend geluid van lage frequentie (50 of 100 Hz) door de luidspreker hoorbaar, dat veroorzaakt wordt in het opneem(en) of weergeefgedeelte van de recorder.
- harmonische** Een geluid bestaat meestal uit een grondtoon met een aantal harmonische tonen. Deze bepalen bij een muziekinstrument het karakter van het geluid. Harmonische tonen kunnen ook ontstaan door vervorming in een versterker of recorder, en zij veroorzaken dan een onaangenaam geluid.
- harmonische vervorming** Deze kan worden gemeten door een enkele frequentie door een versterker of recorder te sturen en dan de sterkte van de harmonische frequenties die hierbij ontstaan te meten. Harmonische vervorming wordt opgegeven in % afwijking van het oorspronkelijke geluid. Een normale vervorming bedraagt 2 tot 5 % van de sterkste geluidspieken.
- hoorbare frequenties** Frequenties die het menselijk oor kan waarnemen. Beneden de 30-jarige leeftijd zijn frequenties van 30 Hz tot 16 000 Hz hoorbaar. Boven 30 jaar neemt het gehoor voor de hoge frequenties geleidelijk af tot \pm 8 000 Hz bij 60-jarigen.
- inleggleuf** Een gleuf in de afdekkap over de magneetkoppens waarin de band bij het inleggen moet worden geschoven.
- input** Een elektrische spanning toegevoerd aan de ingang van een versterker. Men spreekt van microfoon-input, pick-up input, enz.
- intermodulatie-vervorming** De vervorming die ontstaat indien twee tonen met verschillende frequenties invloed op elkaar uitoefenen. Het is een niet-lineaire vervorming die een maat is voor de graad van vervorming die optreedt in een versterker of recorder. In het algemeen neemt men aan, dat deze vervorming van grotere invloed op het geluid is dan harmonische vervorming. De toelaatbare sterkte van intermodulatievervorming bedraagt 5 tot 10 % van de grondtonen.
- impedantie** De weerstand die een wisselstroom ontmoet in een bepaalde keten. Een luidspreker heeft b.v. een impedantie van 5 ohm.
- jengelen** Zie wow.
- kanariën** Zie flutter.
- kopie** Een opname die verkregen wordt door een gereproduceerd geluid opnieuw op te nemen, b.v. van een grammofoonplaat of van

een andere recorder. Bij goede recorders ontstaat een minimaal verlies aan kwaliteit.

kopieereffect De eigenschap, dat de wikkelingen van een spoel de magnetische velden van een ertegen liggende wikkeling overnemen. Men hoort dan, voor en na een krachtige geluidspassage, een zachte herhaling van dit geluid. Men noemt dit ook wel het echo-effect. Bij recorders voor huisgebruik is dit effect praktisch te verwaarlozen.

kopinstelling Het zuiver loodrecht instellen van de opneem- of de weer-geefkop op de lengte-as van de band.

krachtversterker Een versterker die dient om een luidspreker te voeden. Het vermogen dat de versterker kan afleveren wordt uitgedrukt in watts (w). Een normaal vermogen van de krachtversterker van een recorder is bij voorbeeld 2,5 W.

langspeelband Band met een geringere dikte (0,042 mm) dan normale band (0,060 mm), welke veroorlooft op een spoel 50 % meer te wikkelen dan normaal, zodat de speeltijd 50 % langer is geworden.

las De plaats waar twee delen van een band samengevoegd zijn met behulp van plakband.

levende ruimte Een ruimte waarvan de wanden bekleed zijn met materialen die weinig geluidabsorberend zijn. Het geluid wordt door de wanden goed teruggekaatst, zodat een lange nagalm ontstaat.

loopwerk Ook wel genaamd bandtransportmechanisme. Een plaat waarop alleen de mechanische delen, als aandrijfmotor, spoel-tafeltjes, koppen en bedieningsknoppen zijn gemonteerd.

luchtspleet De spleet gevormd tussen de twee polen van de ringmagneet van een magneetkop. De spleetlengte van een opneem/weer-geefkop bedraagt ongeveer 0,005 mm. Hoe korter de spleet, des te hoger reikt het frequentiegebied dat bij een bepaalde bandsnelheid kan worden weergegeven.

maagdelijk band Ook wel genaamd vers band: band dat nog nooit voor opnemen is gebruikt.

magnetisch band Een dun lint van 6,25 mm breedte, van plastic, waarop een dunne laag van uiterst kleine deeltjes ijzeroxyde is aan-gebracht. Het resultaat is een opnamemedium dat praktisch

niet verslijt, dat kan worden gewist en opnieuw gebruikt, dat bijna geen geruis heeft en waarmee geluid kan worden weergegeven, dat aan zeer hoge eisen voldoet.

magnetische kop Een elektromagneet, bestaande uit een niet gesloten ring van weekijzer, gestoken in een spoel van koperdraad. De onderbreking in de ring vormt de luchtspleet. De ring zelf vormt de kern van de elektromagneet. We onderscheiden de volgende typen:

wiskop, weergeefkop, opneemkop, gecombineerde opneem- en weergeefkop.

magnetisatiekromme Het verband tussen de stroom door de spoel van een magneetkop en de magnetisatie in de band.

meerkanaalsrecorder Een recorder die meer dan één spoor tegelijk opneemt, b.v. een vliegveldrecorder, die soms 15 kanalen tegelijk kan registreren.

microfoonimpedantie De weerstand die een wisselstroom in het microfooncircuit ondervindt. Al naar gelang van het type microfoon en de aanwezigheid van een ingebouwde transformator, bedraagt de impedantie gewoonlijk 50, 150, 250, 500, 10 000 of 25 000 ohm.

modulatie diepte Magnetisch band heeft een bepaalde modulatie diepte, die na overschrijding ervan vervorming van het geluid veroorzaakt.

modulatiegeruis Geruis dat gedurende het opnemen in het band veroorzaakt wordt. Dit geruis is afhankelijk van de modulatie diepte; het is onder normale omstandigheden praktisch niet waarneembaar.

modulatie-indicator Dient om de sterkte van het op te nemen geluid aan te geven. Meestal wordt hiervoor een „magisch oog”, een neon-lampje of een V.U.-meter („volume unit meter”) gebruikt. Een juist gebruik van de modulatie-indicator voorkomt overmodulatie (vervorming) of te zwakke modulatie (geruis) van de band.

monteren Het uitzoeken van bepaalde passages van een band-opname of van een aantal opgenomen banden, waarna deze worden uitgeknipt en in de gewenste volgorde aan elkaar worden geplakt.

- opnamegeruis** Geruis veroorzaakt door de versterkers of andere onderdelen van een recorder. Goed band is praktisch vrij van geruis.
- opgenomen band** Band, in de handel verkrijgbaar, waarop muziek of spraak is opgenomen, ook wel „pre-recorded band” genaamd.
- opneemkop** Een elektromagneet, gevoed door de opneemversterker waarlangs de band wordt gevoerd en die de ijzeroxydelaag van de band magnetiseert in een magnetisch patroon, dat overeenkomt met het op te nemen geluid. Deze kop wordt meestal ook gebruikt voor het weergeven. Er bestaan magnetische koppen voor enkelspoor-opname, voor dubbelspoor- (stereofonische) opname en voor meer sporen. Men gebruikt ook wel gecombineerde wis- en opneem/weergeefkoppen.
- output** Een elektrische spanning die van een versterker komt en b.v. een luidspreker voedt of naar de pick-up ingang van een radio-toestel gevoerd kan worden.
- overmodulatie** Het overschrijden van de max. modulatie diepte. Het gevolg is min of meer ernstige vervorming van het geluid.
- oxyde** Microscopisch kleine (kleiner dan 0,001 mm), meestal naaldvormige, deeltjes ijzeroxyde (γ Fe₂O₃), die door middel van een bindmiddel op een drager worden aangebracht. Zij dienen om langs magnetische weg het geluid te „bewaren”. Deze ijzeroxydedeeltjes zijn magnetisch „hard”, zodat zij, wanneer zij eenmaal gemagnetiseerd zijn, magnetisch blijven totdat zij aan een sterk magnetisch veld, b.v. een wisveld, worden blootgesteld.
- physiologische regeling** Een met de volumeregelaar gecombineerde regeling, die bij het zwakker worden van de weergave de lage tonen naar verhouding minder verzwakt dan de rest van het geluidsspectrum. Deze regeling dient om de eigenschap van het menselijk oor, bij zachte geluiden de lage tonen naar verhouding te zwak te horen, te compenseren. Hierdoor wordt de „balans” tussen hoog en laag bij zachte weergave verbeterd.
- plakband of montageband** Een droog klevend, niet magnetisch, band voor het plakken van gebroken banden of het monteren van banden. Het plakmiddel kan niet vloeien en het kan geen lijmresten achterlaten op de koppen, de toonas, de aandrukrol of de naast de las liggende bandwikkelingen.

- polyesterband** Een plastic bandsoort (nylon). Dit band is zeer sterk en is bestand tegen vocht en warmte. Het materiaal is zeer rekbaar.
- programma-indicator** Een telwerk of een klokje dat gekoppeld is met de bandloop, waardoor het vinden van bepaalde passages op de band vergemakkelijkt wordt.
- P.V.C.-band** Een polyvinylchloride-band. Dit band is vochtafstotend, scheurt niet gemakkelijk en de rek is matig.
- schakelfoelie** Een metaalfoelie aangebracht aan het begin en het einde van de band (tussen de magnetische band en de aanloopband). Deze foelie dient om het loopwerk uit te schakelen of om de looprichting van de band om te keren, zodat het tweede spoor in gebruik komt zonder omkeren van de spoelen.
- signaal/geruisverhouding** De verhouding tussen de luidste onvervormde opgenomen en weergegeven toon en het geruis veroorzaakt door het opneemsysteem zelf met inbegrip van de band.
- snelstop** Een knop waarmee de bandloop bij het opnemen of weergegeven snel gestopt of gestart kan worden. Kan worden gebruikt b.v. om bij radio-opnamen de aankondigingen „over te slaan”.
- spleetlengte** De fysische afstand tussen de poolvlakken van een magnetische kop.
- synchronisatie-apparaat** Een apparaat met behulp waarvan het mogelijk is een magnetische geluidsband synchroon te laten lopen met een filmprojector.
- telefoonspool** Een inductiespoel waarmee, indien zij wordt aangesloten op de microfoon-ingang van de recorder en in de nabijheid wordt gebracht van een telefoontoestel, het inkomende en het uitgaande gesprek op een band kan worden opgenomen.
- testband** Een band, voorzien van een serie frequenties, met behulp waarvan de weergeef eigenschappen van een recorder kunnen worden beoordeeld.
- toonas** Een as, meestal voorzien van een vliegwiel, die een zeer constante draaisnelheid heeft. Een rubber drukrol drukt meestal de band tegen de toonas aan, zodat de band met een zeer constante snelheid wordt aangedreven.
- toonregelaar** Met behulp van de toonregelaar kunnen de bassen en de hoge tonen van de weergave worden ingesteld voor het verkrijgen van de gunstigste toonbalans.

tweekanaals- of stereorecorder Een recorder met twee gescheiden opneem- en weergeefkanalen, elk met een eigen ingang voor microfoon en pick-up, een eigen wis- en opneem/weergeefkop en een eigen luidsprekeruitgang. Hiermee kunnen dus twee geluidssporen tegelijk worden opgenomen of weergegeven. De weergave is natuurgetrouwer en ruimtelijker dan met welk ander systeem ook.

verbindingssnoer Een soort kabel met aan weerszijden voor het doel geschikte stekers om een verbinding tot stand te brengen tussen de ingang en de uitgang van een recorder en een ander apparaat, bijvoorbeeld een ontvanger, pick-up of versterker.

versterking De verhouding tussen de sterkte van het geluid aan de uitgang en de ingang van een versterker. Gewoonlijk uitgedrukt in dB.

vervorming Enig verschil tussen het originele geluid en het oorspronkelijke geluid. Vervorming ontstaat bij elke reproductie, maar kan bij goede apparatuur tot een minimum worden beperkt.

verzadiging Indien van een versterker, luidspreker, magnetische kop of magnetische band meer dan maximale prestatie wordt gevraagd, treedt verzadiging op. Het gevolg van verzadiging is ernstige vervorming van het geluid (zie ook overmodulatie).

video- of beeldrecording Het opnemen of weergeven op magnetisch band van de signalen die worden toegevoerd aan de televisiebeeldbuis. Momenteel kunnen met behulp van breed band en een speciale machine frequenties worden opgenomen van 4 000 000 Hz.

vlakke weergeefkarakteristiek De eigenschap van een geluidssysteem alle tonen in hun juiste verhouding weer te geven. Een „high-fidelity” systeem kan worden aangeduid als een systeem met een zeer vlakke weergeefkarakteristiek (± 2 dB van 30—15 000 Hz).

voetschakelaar Een schakelaar waarmee met de voet een recorder kan worden gestart of gestopt. Bewijst goede diensten bij het uittypen van conferenties e.d.

voormagnetisering Een hulpstroom, meestal van hoge frequentie (35 kHz tot 100 kHz), welke nodig is om vervorming ten gevolge van de invloed van de magnetiseringskromme van het magnetisch materiaal in het band te voorkomen.

- volume** Een akoestische — meer dan elektrische — maat welke de druk van de geluidsgolven in dynes per vierkante cm aangeeft. Hoe groter het volume, des te sterker is de druk. Vaak wordt het volume uitgedrukt in dB.
- voorversterker** Een versterker die de zwakke spanningen, b.v. van een microfoon of een magnetische weergeefkop, versterkt, zodat ze bruikbaar worden voor de ingang van een krachtversterker. Niet professionele bandrecorders combineren de voorversterker met de krachtversterker.
- V.U.-meter** Een „volume unit” meter, die door het meten van de elektrische signaalspanning in de opneemversterker, de relatieve niveaus aangeeft van de verschillende te registreren geluiden.
- weergeefkop** Een magneetkop met korte spleet ($\pm 0,005$ mm), verbonden met de ingang van de weergeefversterker. Langs de kop wordt een opgenomen band gevoerd. De magnetische velden van de band veroorzaken in de windingen van de spoel van de kop kleine wisselspanningen, die overeenkomen met het „magnetisch patroon” op het band.
De weergeefkop wordt meestal ook als opneemkop gebruikt.
- wisdemping** De verhouding van de spanning aan het einde van de weergeefversterker bij maximaal gemoduleerde band en gewiste band.
- wisfrequentie** De frequentie van de wisstroom. Deze ligt gewoonlijk tussen 35 en 100 kHz.
- wiskop** Een voorwerp, meestal een spoel met ijzern kern, om vooraf gemaakte opnamen te verwijderen. Kan worden gebruikt om magnetisch band weer geschikt te maken voor een nieuwe opname.
- wissen** Het neutraliseren van het magnetisme in een band, door deze langs een sterk magnetisch veld te voeren (meestal een wisselveld). De wiskop van een recorder doet dit automatisch, met reeds opgenomen geluid, even voordat de band de opneemkop bereikt. Het wissen met een permanent magneetveld geeft meestal te veel geruis.
- wisstroom** De stroom die door de wiskop gaat en dient voor het veroorzaken van een magneetveld dat de band wist.
- wis-unit** Een apparaat dat, op het lichtnet aangesloten, in staat is een volledige spoel band ineens uit te wissen. De unit levert een

sterk magnetisch veld, dat het magnetisch schrift op het band neutraliseert.

wow Langzame variaties in de bandsnelheid, ook wel janken of jengelen genaamd, die overeenkomstige variaties in toonhoogte, en soms in geluidsterkte, veroorzaken, die niet aanwezig zijn in het oorspronkelijke geluid. Een zekere vervorming.

zelfbekrachtigde recorder Een recorder die gevoed wordt uit cellen of elementen die in de recorder zijn geborgen, al of niet in combinatie met een veermotor.

INDEX

aandrukrol, rubber	69	—, flexibele	163
aandrukviltje	98, 168	—, konische	67
aandrijf-		—, wikkel-	72
—, mechanisme	58	asynchrone motor	62
—, mechanisme, band-	62	auteursrechten	126
—, motor	22	automatische overschakeling	75
—, snaar	61	automatisch stoppen	74
aanloopfilm	160	automatisch uitschakeling	74
aanpassing	115, 124	auto-transformator	113
aansluiting		Badische Anilin- und Sodafabriken	92
—, diode-	199	balanceermachines	64
—, pick-up-	198	balansschakeling	113
aanzettonen	11	band (—)	
aardmagnetische polen	28	—, aandrijfmechanisme	62
aardmagnetisme	33	—, aandrijfwiél	69
absorptie	127	—, aandrijving, constante	65
accordeon	133	—, acetaat	92
acetaat		—, beeld-	176
—, band	92	—, begeleiding	168
—, di-	92	—, breedte	18
—, tri-	92	—, breuk	74
achtergrondgeruis	17, 79	—, dikte	23
achtergrondmuziek	166, 179	—, eindloze	201
acnerspíet	84	—, geleiding	74
afscherming	86	—, geperforeerde	174
afsnijfrequentie	115	—, gewist	80
afspeelmachine, magnetische	26	—, homogeen	17, 91
Agfa	92	—, kop-	101
akoestiek	127, 175, 202	—, langspeel-	23
—, zaal-	2, 130	—, loop	169
akoestische kortsluiting	116	—, loop, ononderbroken	76
akoestische pleister	203	—, lus, eindloze	202
Allgemeine Elektrizitäts-		—, maagdelijke	55
Gesellschaft (AEG)	18	—, microfoon	122
alzijdig gevoelige microfoon	124	—, moeder-	55
amateurruims, geluid bij	178	—, normale	23
amateurs		—, plak-	200
—, geluids-	2, 21	—, plastiek-	89
—, smalfilm-	160	—, rek van het	59
American Telegraphone Co.	16	—, slijtage van	25
Ampère, André	15	—, snelheid	23, 58, 59, 66, 101, 170
ampèrewindingen	32	—, staal-	89
amplitude	50, 116, 159	—, stroeve	97
—, variaties	192	—, superlangspeel-	23
André Ampère	15	—, test-	86
anisotropie		—, transport	59, 66
—, magnetische	45	—, transport, regelmatig	59
—, magneto-kristallijne	45	—, tweelagen-	91
—, vorm-	45	banden	
apparatuur		—, lassen van	200
—, nagalm-	174	—, magneet-	22
—, professionele	172	—, proef-	95
—, synchronisatie-	162	„Barkhausen-sprongen”	37
arbeid		basreflexkast	117
—, hysteresis-	39	basismateriaal	44
—, ommagnetiserings-	39		
as			

- bassen 8
 Bauer, Karl 18
 bediening, eenknops- 60
 beeld-
 —, band 176
 —, films, magnetische 176
 beengleiding 190
 begeleiding
 —, band- 168
 —, zangstem zonder 130
 beginpermeabiliteit 37
 behandeling, warmte- 35
 beitel 19
 bel 7
 Bell Telephone Laboratories 17
 berylliumkoper 83
 bewegend magnetisch veld 41
 beweging, warmte- 54
 B-H kromme 44
 bindmiddel 44, 56, 97
 bipolaire elektromagneten 78
 blaasinstrumenten 11
 Blattner 18
 —, phone 18
 Boothia Felix 28
 boventoon, eerste 11
 boventonen 9
 Braunmühl en Weber 19
 breedte
 —, band- 18
 —, spleet- 45, 79, 81, 83, 100, 108
 breuk
 —, band- 74
 —, sterkte 91
 brieven, gesproken 178
 bron, geluids-
 bugel 132
 buis
 —, elektronen- 16
 —, pentode- 108
 buitenrotormotor 65
 capacatieve, verliezen 102
 —, lekverliezen 79
 Carlson en Carpentier 17
 Carus, Lucretius 14
 cassette 25, 106, 145, 201
 cel
 —, foto-elektrische 20
 —, selenium- 113
 cello 132
 Charles Coulomb 15
 chloride, polyvinyl- 91
 „Cinerama” 2
 circuit, magnetisch 39
 coërcitie 39; 45, 77, 104
 Colchester, William Gilbert of 15
 combinaties, luidspreker- 120
 Comité Consultatif International
 de Radiocommunication 101
 complexe toon 12
 component, gelijkstroom- 103
 condensator, -luidsprekers 114
 —, microfoon 123
 confectionneren 94, 96
 constante, bandaandrijving 65
 —, flux 85
 —, inductie- 34
 —, tijd- 102
 contact, -lengte 100
 —, stroken 74
 —, verliezen 101
 controle
 —, kwaliteits- 95
 —, luidspreker 146
 conversatie 134
 copieeffect 90, 93
 cornet 132
 correctie, -filters 108
 —, lid 111
 —, opname- 109
 —, weergave- 110
 —, weergeef- 101
 Coulomb, Charles 15
 crooners 130
 cycle per second (c.p.s. of c/s) 5
 „Dailygraph” 18
 decibel (dB) 7, 124
 demagnetisatie-verliezen 57, 85
 demagnetiserings, -invloed 108
 —, verliezen 100, 102
 —, verschijnsel 107
 De Rerum Natura 14
 diacetaat 92
 diameter
 —, konus- 115
 —, spoel- 23
 diaprojectie, geluid bij 178
 dicteermachine 16, 144
 —, magnetische 2, 140
 diepte
 —, doordringings- 81
 —, modulatie- 103
 diffuse nagalm 159
 dikte
 —, band- 23
 —, laag- 99
 —, variaties 99
 diode-aansluiting 199
 discriminator, 198
 —, frequentiemodulatie- 201
 distorsiemeter 102
 „dode” zalen 204
 doordringingsdiepte 81
 draad
 —, recorder 16
 —, snelheid 16
 —, sprekend 17
 —, staal- 16, 89

- draaiing, -irreversibele 46, 50
draaiveld 63
dreun, ritmische 169
driepuntsprincipe 112
druk
—, geluids- 6
—, golf 6
—, toetsen 60
—, viltje 73
dubbeltoon 12
dynamiek 25, 102, 103
—, maximale 103
dynamoformule 42
dynamo's 15
- echo-effect 159
Edison, Thomas Alva 15
eenknopsbediening 60
eenparige snelheid 62
een-zijdige gevoelige microfoon . 124
eerste boventoon 11
eerste hogere harmonische 11
eerste hypothese van Weber 29
effect
—, copieer- 54, 90, 93
—, echo- 159
—, geluids- 135
—, richt- 119
—, schaduw- 119
—, stereofonisch 159
effectieve luchtspleet 84
eindloze band 201
eindloze bandlus 202
elasticiteit 59
elektrische vermogens 8
elektrodynamische luidsprekers . . 114
elektrodynamische microfoon . . . 122
elektromagneet 15, 33
elektromagneten, bipolaire 78
elektromagnetische luidsprekers . . 114
elektromotoren 15
elektromotorische kracht 41
elektronenbuis 16
elektronische rekenmachines . . . 2, 176
elementair magneetje 28, 89
energie
—, geluids- 202
—, kinetische 117
—, potentiële 117
enkelvoudige (sinusvormige) trilling . 9
ensemble-spel 194
evaluatiestudie 195
even harmonischen 113
excentriciteit 66, 67
—, stoleranties 68
extra luidspreker 142, 197
- fagot 132
familie-geluidsalbum 177
fanfare-orkesten, het opnemen
van 139
- Faraday, Michael 15
faze
—, verschillen 13, 159
—, verschuiving, inductieve 62
ferrioxjde
—, ferro- 95
—, gamma- 95
ferro-
—, ferrioxjde 95
—, oxalaatoplossing 94, 95
—, sulfaatoplossing 94, 95
ferroxcube 43, 82
film, aanloop- 160
filters, correctie- 108
Fletcher en Munson 6
Fletcher kromme 7
flexibele as 163
flexibele koppeling 65
fluit 132
„flutter” 13
flux
—, constante 85
—, magnetische 33
fon 6
formule, dynamo- 42
foto-elektrische cel 20
fotografische geluidsregistratie . . 17
frequentie 5
—, afsnij- 115
—, banden, standaard- 111
—, gebieden 11, 24
—, grond- 9
—, karakteristiek 99, 123
—, karakteristiek, stroom- 109
—, midden- 8
—, modulatie 201
—, modulatie-discriminator 201
—, oscillator- 113
—, resonantie- 116
—, som- 50
—, voormagnetiseren met een
hoge 49
—, wisspannings- 81
frictie 170
—, moment 72
—, systeem 71
Fritz Pfleumer 17
- galm, na- 130
gamma-ferrioxjde 95
gebied
—, frequentie- 24
—, middenfrequentie- 99
—, resonantie- 117
gebrom 105
gecombineerde wis- en opneem/
weergeefkop 87
gedeelte, voedings- 107, 113
gehoor 11
—, drempel 6
—, ontwikkeling 196

- gejengel 201
- geleiding
- , band- 74
 - , been- 190
- gelijkrichter 113
- gelijkstroom, -component 103
- , voormagnetisering 49
 - , wiskop 79
- gelijkveldimpulsen 80
- gelijkveldgeruis 86
- geluid, 4
- , absorberend materiaal 117, 202
 - , bij amateurfilms 178
 - , bij diaprojectie 178
 - , dichte studio 126
 - , indirect 128
 - , „jagers” 178
 - , magnetisch 15
 - , onhoorbaar 13
 - , verdeling 142
- geluiden, surrogaat- 135
- geluids-,album, familie- 177
- , amateurs 2, 21
 - , bron 4
 - , druk 6
 - , effecten 2, 135
 - , effectman 135
 - , energie 202
 - , indrukken 9
 - , intensiteit 7
 - , isolatie 202
 - , niveau 8
 - , registratie 1
 - , registratie, fotografische 17
 - , reproductie 127
 - , snelheid 8
 - , sterkte 6
 - , sterkteregelknop 8
 - , techniek, magnetische 15
 - , trillingen 1, 4
 - , verbetering 142
 - , waarneming 13
- geluidspoor 2
- , spiraalvormig 145
 - , Philips-Miller 19
- Genest, Mix en 16
- geperforeerde band 174
- geperforeerd magneetband 164, 165
- geruis 13, 16, 24, 55, 93, 108
- , achtergrond- 17, 79
 - , gelijkveld- 86
 - , indruk 13
 - , maagdelijk 55
 - , modulatie- 55, 56, 93
 - , nul- 55, 56
 - , signaal 102
 - , verschijnselen 55
- geschematiseerde, magnetiserings-
kromme 37
- , opneemkarakteristiek 48
 - , opneemkarakteristiek, lineaire 50
- gesloten magnetisch circuit 40
- gesprekken, telefoon- 140
- gesproken brieven 178
- Gevaert 92
- gevoeligheid 124
- , kromme, oor- 55
- gewist band 80
- gieten 94
- gietmachine 95
- gietmassa 95
- gietwals 95
- Gilbert, William 15
- glad oppervlak 96
- glaswol 203
- golf, druk- 6
- golflengte 5, 55, 57, 100, 108
- golven, staande 117
- grammofoonplaat, magnetische 17
- grammofoonplaten,
—, studio 172
- grens, pijn- 6
- grondfrequentie 9
- grondtoon 9
- guitaar 11
- gunstigste voormagnetisatiestroom 103
- haematiet 94
- Hans Oerstedt 15
- harde ruimte 127
- harmonika 11, 133
- harmonische, -trillingen 9
- , eerste hogere 11
 - , even 113
 - , vervorming 52
- harmonium 133
- hechting 92
- , van de laag 98
- helften, kern- 83
- Helmholtz resonator 117
- henry 35
- Henry, Joseph 15
- Herr, Robert 80
- hertz (Hz) 5
- hf-oscillator 112
- high fidelity 24, 142
- historische luisterspelen 191
- hoge-tonenluidspreker 120
- hoge toon 4
- homogeen, band 17, 91
- , magnetisch veld 41
 - , veld 114
- hondenfluitjes 13, 14
- hoofdtelefoon 129
- , licht-gewicht 146
- hoogfrequentie, -oscillator 107, 112
- , spoel 112
 - , voormagnetisatie 17
 - , voormagnetiserings- en wis-
stroom 112
- hoogte, toon- 4

- hoorspel 135
 —, jeugd- 192
 horen, sterefonisch 127
 hydroxyde-ijzer- 95
 hypercardioide microfoon 124
 hypothese, eerste — van Weber 29
 hysteresis, 39
 —, arbeid 39
 —, lus 39
 —, smalle 83
 —, verliezen 39

 I. G. Farben 18
 ijzer
 —, hydroxyde 95
 —, moleculen 28
 —, oxyde 34, 44, 77, 94
 —, oxydekristalletjes 56
 —, oxydepoeder 91
 —, poederkernen 82
 —, steen, magneet- 14, 94
 —, steen, rood- 94
 —, verliezen 43
 —, verzadiging van het 38
 —, week- 15, 34
 —, weg 40
 impedantie 84, 108, 115
 —, microfoon- 125
 impulsen, gelijkveld- 80
 indicator, modulatie- 107, 112, 169
 —, programma 25
 indirect geluid 128
 indruk, geruis- 13
 indrukken, geluids- 9
 inductie, -constante 34
 —, magnetische 34
 —, wet 42
 —, zelf- 81, 84, 108
 inductieve fazeverschuiving 62
 ingangstransformator 109
 ingebouwde luidspreker 141
 installatie, versterk- 143
 instrumenten, blaas- 11
 —, slag- 11
 intensiteit, geluids- 7
 —, verschil 9
 invloed, demagnetiserings- 108
 irreversibele, draaiing 46, 50
 —, takken 37
 isolatie, geluids- 202

 James Maxwell 15
 „jengel” 12
 jengelen 13, 22, 58
 jeugdhhoorspel 192
 Joseph Henry 15
 Joseph O'Neill 17

 kaapstander 58
 kabel, microfoon- 125
 kalander 94

 kanariën 13, 22, 58, 201
 „kanselredenaarsstijl” 174
 karakteristiek
 —, frequentie- 99, 123
 —, opbrengst- 52
 —, overall- 172
 —, weergave- 109
 —, weefgeef- 101
 Karl Bauer 18
 Dr. Karl Stille 17
 kerkdiensten, het opnemen van 137
 kern
 —, helften 83
 —, ijzerpoeder- 82
 —, magneet- 79
 —, plaatsjes 78
 —, ring- 83
 kinetische energie 117
 klank
 —, klankbeelden, radio- 128
 —, bord 114
 —, kast 114
 —, kleur 11
 —, kleurregelaar 109, 169, 197
 —, s- 130
 klarinet 132
 knop
 —, mono- 60
 —, snelstart- 160
 —, snelstop- 167
 —, truc- 166
 Kodak 92
 kogel
 —, lagers, precisie- 65
 —, molen 95
 Kohl, Max 17
 kompas 14
 konische as 67
 konus 114
 —, diameter 115
 kooiankermotoren 62
 koolmicrofoon 16, 121
 kop
 —, band 101
 —, opneem/weergeef- 79, 82
 —, ring- 78
 —, transportmechanisme 145
 —, verliezen 102
 —, wikkelingen 105
 —, wis- 79
 —, wisselveld- 81
 koper, berryllium 83
 kopieereffect 54
 koppel 64
 koppeling
 —, flexibele 65
 —, slip- 59, 61
 kortsluiting
 —, akoestische 116
 —, magnetische 84
 kortsluitwindingen 63

kracht		lineair(e)	11
—, elektromotorische	41	—, geschematiseerde opneem-	
—, lijnen	29, 63	karakteristiek	50
—, magnetiserende	35	—, snelheid	59
—, opwikkel-	58, 70	—, vervorming	114
—, terughoud-	58	—, weergave	110
—, versterker	141	lipsynchronisme	164
kringen, resonantie-	117	longitudinale opname	87
kristal		loop, band-	169
—, luidsprekers	114	Lorenz, C.	18
—, microfoon	122	lucht	
kristallen		—, trillingen	4
—, kubische ferromagnetische	45	—, verdichting	11
—, naaldvormige	45, 94	—, verdunning	11
kristalletjes, ijzeroxyde-	56	—, weg	40
kromme		luchtspleet	41, 48, 73, 63, 84
—, B-H	44	—, effectieve	84
—, Fletcher	7	Lucretius Carus	14
—, magnetisatie-	104	luide toon	13
—, magnetiserings-	35, 50	luidspreker	114
—, richtings-	119	—, combinaties	120
kruisrecording	88	—, condensator-	114
kubische ferromagnetische kristallen	45	—, controle-	146
kunstmagneet	15	—, elektrodynamische	114
kunstmatige nagalm	174	—, elektromagnetische	114
kurkentrekkerregel	32	—, extra	142, 198
kwaliteit		—, hoge-tonen-	120
—, controle	95	—, de ingebouwde	141
—, verbetering	148	—, kristal-	114
—, verlies	173	—, lage-tonen-	120
—, weergave-	123	—, systeem	114
laag		luisterspelen, historische	191
—, dikte	99	lus	
—, dikteverliezen	102	—, hysteresis-	39, 77
—, frequentie-magnetiserings-		—, vanger	76
periode	50	—, vorming	70, 170
—, hechting van de	98	maagdelijke band	55
—, magnetische	17, 46	maagdelijk geruis	55
lading		„maagdelijke magnetiseringstak”	37
—, statische	97, 98	machine	
lage nagalm	123	—, balancer-	64
lage toon	4	—, dicteer-	16, 144
lage-tonen luidspreker	120	—, giet-	95
lagers, zelfsmerende	68	—, split-	95
lampjes, neon-	112	—, staalband-	78
langspeelband	23	magisch oog	112
—, super-	23	magneculen	28
lassen van banden	200	magneet	14
laterale opnamen	87	—, banden	22
legeringen, weekijzer-	77	—, band, geperforeerd	164, 165
leipen	73	—, elektro-	15, 33
lekverliezen		—, ijzersteen	14, 94
—, capacitieve	79	—, kern	79
—, wervelstroom-	79	—, kop	19, 40
lengte		—, kunst-	15
—, contact-	100	—, naald	15
—, golf-	5, 55, 100, 108	—, permanente	57, 114
„levende” zalen	204	—, plastisch	78
licht-gewicht hoofdtelefoon	146	—, polen	63
lijnen, kracht-	29, 63	—, staaf-	32

- magneetjes
 —, elementaire 28, 89
 —, moleculair- 15
 Magnes 14
 —, steen 14
 Magnesia 14
 „De Magnete” 15
 Magnetes 14
 magnetiet 14, 94
 magnetisatie
 —, kromme 104
 —, kromme, niet-lineaire 102
 —, stroom, optimale 103
 magnetisch
 —, afspeelmachine 26
 —, anisotropie 45
 —, beeldfilms 176
 —, circuit 39
 —, circuit, gesloten 40
 —, circuit, open 40
 —, dicteermachine 2, 140
 —, flux 33
 —, geluid 15
 —, geluidstechniek 15
 —, grammofoonplaat 17
 —, inductie 34
 —, kortsluiting 84
 —, laag 17, 46
 —, noorden 28
 —, opneem- en weergeefproces 1
 —, patroon 44
 —, plaat 144
 —, registratie 1
 —, ringkop 18
 —, strooivelden 74
 —, veld, bewegend 41
 —, velden 29
 —, veld, homogeen 41
 —, veld, uitwendig 54
 —, veld, wisselend 63
 —, voorkeursrichtingen 45
 —, zuidpool 28
 magnetiseerbaar medium 16
 magnetiserende kracht 35
 magnetisering
 —, kromme 35, 50
 —, kromme, geschematiseerde 37
 —, kromme, werkelijke 38
 —, maximale 107
 —, periode, laagfrequentie- 50
 —, proces 36, 44
 —, tak, maagdelijke 37
 —, vectoren 53
 —, veld, voor- 50
 magnetisme 14, 28
 —, aard- 33
 —, remanent 39
 magneto-kristallijne anisotropie 45
 „Magnetophon” 18
 manchet 145
 Marconi-Stille Recording and
 Reproducing Equipment 18
 Marconi Wireless Telegraph Co.,
 Ltd. 18
 materiaal
 —, basis- 44
 —, geluidabsorberend 117
 materialen
 —, geluidabsorberende 202
 —, poreuse 202
 maximale dynamiek 103
 maximale magnetisering 107
 maximale remanentie 47
 Max Kohl 17
 Maxwell, James 15
 mechanisme
 —, aandrijf- 58
 —, opwikkel- 70
 —, koptransport- 145
 —, transport- 22
 medium
 —, magnetiseerbaar 16
 —, voortplantings- 5
 meerspoorenregistratie 105
 membraan 122
 mengen 129
 mengkastje 129
 mengmogelijkheid 128
 merktekens, start- 164
 metaal, Mu- 34, 77
 metalen trekveer 66
 meter
 —, distorsie- 102
 —, wow- en flutter- 201
 Michael Faraday 15
 microfoon 121
 —, alzijdig gevoelige 124
 —, band- 122
 —, condensator- 123
 —, een-zijdig gevoelige 124
 —, elektrodynamische 122
 —, hypercardioïde 124
 —, impedantie 125
 —, kabel 125
 —, kool- 16, 121
 —, kristal- 122
 —, nagalm- 139
 —, nier- of cardioïde 124
 —, stem 128
 —, transformator 109
 —, tweezijdig gevoelige 124
 middenfrequenties 8
 middenfrequentiegebied 99
 Mix en Genest 16
 modulatie
 —, diepte 103
 —, frequentie- 201
 —, geruis 55, 56, 93

- , indicator 107, 169, 112
moederband 55
mogelijkheid, meng-
moleculairmagneetjes 128
moleculen, ijzer-
moment 28
—, frictie- 72
—, traagheids-
monoknop 60
montage 173
motor 62
—, aandrijf- 22
—, asynchrone 62
—, buitenrotor- 65
—, elektro- 15
—, kooianker- 62
—, opwikkel- 70
—, synchrone 62
—, toon- 62
—, tweepolige 64
—, vierpolige 65
multi-poolveld 56
„Mu-metaal” 34, 77
Munson, Fletcher en 6
muziek
—, achtergrond- 166, 179
—, lessen 179
—, het opnemen van symfonische 138
—, programma, spraak- 129
—, repertoire 177
—, resten 170
—, spraak over 129
—, studie 193
„mylar” 93
- naald
—, magneet- 15
—, vormige kristallen 45, 94
nagalm 130
—, apparatuur 174
—, diffuse 159
—, kunstmatige 174
—, lage 123
—, machine, professionele 175
—, microfoon 139
—, tijd 127, 174, 202
nasynchronisatie 160
—, studio's 173
nasynchroniseren 165
natuurgetrouwe weergave 8, 120
Ned. Vereniging van Geluidsjagers 178
neonlampjes 112
netspanningsschommelingen 62
nier- of cardioïde microfoons 124
niet-lineaire magnetisatiekromme 102
niet-lineaire vervorming 114
niveau
—, geluids- 8
—, opbrengst- 52
—, stoor- 105
noordpool 14, 28
normale band 23
notitiepapier 146
nulgeruis 55, 56
- Oberlin Smith 15
Oerstedt, Hans 15
ommagnetiseringsarbeid 39
omroepstudio's 173
omschakeling, pool- 64
omtreksnelheid 59
omvormers 200
—, tril- 200
omwentelingsnelheid 65, 69
onderwijs, taal- 190
O'Neill, Joseph 17
ongemagnetiseerd 50
onhoorbaar geluid 13
ononderbroken bandloop 76
ontmagnetiseerd 79
ontwikkeling, gehoor- 196
onvervormde opname 44
oog, magisch 112
het oor 4
oorgevoeligheidskromme 55
opbrengst
—, karakteristiek 52
—, niveau 52
open magnetisch circuit 40
oplossing
—, ferro-exalaat- 94, 95
—, ferrosulfaat- 94, 95
opname
—, correcties 109
—, laterale 87
—, longitudinale 87
—, onvervormde 44
—, stereofonische 105
opneem-
—, karakteristiek, geschemati-
seerde 48
—, karakteristiek, lineaire gesche-
matiseerde 50
—, proces 48, 50
—, techniek, transversale 87
—, versterker 101, 107
—, weergeefkop 79, 82
—, weergeefkop, gecombineerde
wis- en 87
—, en weergeefproces, magnetisch 1
het opnemen van
—, fanfareorkesten 139
—, kerkdiensten 137
—, symfonische muziek 138
oppervlak, glad 96
optimale magnetisatiestroom 103

- opwikkel-
—, kracht 58, 70
—, mechanisme 70
—, motor 70
—, spoel 58, 61
orkesten, het opnemen van
 fanfare- 139
oscillator 111
—, frequentie 113
—, hoogfrequentie— 107, 112
—, spoel 112
overall karakteristiek 172
overschakeling, automatische 75
oxyde, ijzer- 34, 44, 77, 94
- panelen 203
papier, notitie- 146
papierband, tweelagen-
Pedersen 16
pentodebuis 108
periode 6
permallory 34
permanente, magneet 57, 114
—, wismagneet 79
permeabiliteit 34, 57
—, begin- 37
—, relatieve 34
—, tegen- 37
permenorm 34
Pfleumer, Fritz 17
Philips-Miller, geluidsspoor 19
—, systeem 19
„Phonograph” 15
fysiologische regeling 9
piano 11, 133
—, toon 11
pick-up aansluiting 197
pijngrens 6
plaat, magnetische 144
plaatjes, kern-
plakband 200
plasticband 89
plastic magneetband 78
Pleasant Fidelity 142
pleister, akoestische 203
Plinius 14
poeder, ijzeroxyde- 91
poelie 67
polen
—, aardmagnetische 28
—, magneet- 63
polyvinylchloride 91
pool, noord- 14, 28
—, punt- 29
—, zuid- 14, 28
—, omschakeling 64
—, schoenen 81
—, veld, multi-
poreuse materialen 202
- positie, spoor- 170
potentiële energie 117
Poulsen, Valdemar 15
precisie-kogellagers 65
presence 139
principe, driepunts-
proces, magnetiserings- 44
—, opneem- 48, 50
—, wis- 79
proefbanden 95
professionele, apparatuur 172
—, nagalmmachine 175
programma-indicator 25
programma's, uitgestelde 177
puntpool 29
- radio
—, klankbeelden 128
—, omroep 2
—, school- 192
RC-tijdvertraging 112
rechte stroomgeleider 32
recorder
—, draad- 16
—, staalband- 16
—, staaldraad- 16
—, synchroon- 174
—, tweerichtings- 75
recording, kruis-
regelaar 88
—, klankkleur- 109, 169, 198
—, snelheids- 160
regeling, fysiologische 9
regel
—, kastje 135
—, knop, geluidssterkte 8
—, matig bandtransport 59
—, rol 163
—, weerstand 70
registratie
—, geluids- 1
—, magnetische 1
—, meersporen- 105
—, stereofonische 105
—, tweesporen- 104
—, viersporen- 106
rek van het band 59
rekenmachines, elektronische 2, 176
relatieve permeabiliteit 34
remanent magnetisme 39
remanentie 37, 45, 77
—, maximale 47
rendement 115
repertoire, muziek-
reproductie, geluids-
resonantie 127
—, frequentie 116
—, gebied 117
—, kringen 117
resonator(en) 203
—, Helmholtz 117

resten, muziek-	170	—, band-	23, 58, 59, 66, 101, 170
reversible, draaiing	50	—, draad-	16
—, takken	37	—, eenparige	62
richteffect	119	—, geluids-	8
richting(s)		—, lineaire	59
—, krommen	119	—, omtrek-	59
—, waarnemen	148	—, omwentelings-	65, 69
—, waarneming	13	—, regelaar	160
richtwerking	123	—, spreek-	129
„ringkern”	83	—, variaties	13, 58
ringkop	78	—, voortplantings-	5
—, magnetische	18	—, wikkel-	71
ritme	13	snelopspoolstand	71
ritmische dreun	169	snelstartknop	160
Robert Herr	80	snelstopknop	167
rol		het snijden	94
—, regel-	163	snoer-transformator	109, 125
—, span-	201	soepelheid	99
—, transport-	163	sofège	197
roodijzersteen	94	somfrequentie	50
roosterstroom	113	somtoon	12
rotor	63	spanrol	201
rubber		speeltijd	23
—, aandrukrol	69	spel, ensemble-	194
—, rol	59	spiraalveer	71
—, tussenwiel	61, 67	spiraalvormig geluidsspoor	145
ruimte, harde	127	spiraalvormige stroomgeleider	32
ruimtelijke weergave	148	spleet	
		—, achter	84
samengestelde toon	9	—, breedte	45, 79, 81, 83, 100, 108
schaduweffect	119	—, breedteverliezen	101
schakelaar, voet-	146	—, schève	86
schakeling		splitmachine	95
—, balans-	113	spoel	70, 79, 84
—, serie-	71	—, diameter	23
scheursterkte	91	—, hoogfrequentie-	112
scheve spleet	86	—, opwikkel-	58, 61
schijf, stroboscoop-	161	—, oscillator-	112
schommelingen, netspannings-	62	—, smoor-	120
schoolarchief	193	—, telefoon-	140
schoolradio	192	—, terugwikkel-	61
Schüller	18, 78	spoorpositie	170
seignettezout	121	spoor, synchronisatie-	174
seleniumcel	113	spraak-muziekprogramma	129
serieschakeling	71	spraak over muziek	129
signaal, geruis-	102	spreeksnelheid	129
sinusvormige trilling	9	„sprekend draad”	17
s-klanken	130	staafmagneet	32
slaginstrumenten	11	staalband	89
slijtage van band	25	—, machines	78
slijtvastheid	82	—, recorder	16
slip	58, 65, 68	staaldraad	16, 89
—, koppeling	59, 61	—, recorder	16
„—, stick”	97	staande golven	117
smalfilmamateurs	160	„Stahltonmaschine”	18
smalle hysteresislus	83	stand, snelopspool-	71
smeren	171	standaard-frequentiebanden	111
Smith, Oberlin	15	start-merktokens	164
smoorspoel	120	statische lading	87, 98
snaar	61, 66	stator	63
snelheid		Steinmetz	39

- stem
 —, microfoon- 128
 —, sterkte 130
 stereofonie 20, 148
 stereofonisch effect 159
- stereofonisch horen 127
 stereofonische opnamen 105
 stereofonische registratie 105
 sterkte
 —, breuk- 91
 —, geluids- 6
 —, scheur- 91
 —, stem- 130
 —, toon- 13
 —, veld- 32
 Stille, Dr. Karl 17
 stof, thermoplastische 91
 stoor niveau 105
 stoppen, automatisch 74
 storingen 168
 straatrumoer 126
 stroboscoopschijf 161
 stroboscoopverdeling 161
 stroeve band 97
 stroken, contact- 74
 strooiveld 53
 strooivelden, magnetische 74
 stroom
 —, frequentie karakteristiek 109
 —, geleider, rechte 32
 —, geleider, spiraalvormige 32
 —, hoogfrequentievoormagnetise-
 rings- en wis- 112
 —, rooster- 113
 —, voormagnetisatie- 102
 —, voormagnetiserings- 85
 studie
 —, evaluatie- 195
 —, muziek- 193
 —, talen- 179
 —, zelf- 193
- studio
 —, geluidsdichte 126
 —, grammofoonplaten- 172
 —, nasynchronisatie- 173
 —, omroep- 173
 Sturgeon, William 15
 superlangspeelband 23
 supermalloy 34
 „supermaster” 2, 172
 superponeren 49
 „surrogaatgeluiden” 135
 symfonische muziek, het opnemen
 van 138
 synchrone motor 62
 synchronisatie
 —, apparatuur 162
 —, na- 160
 —, spoor 174
 synchroniseren, na- 165
- synchronisme, lip- 164
 synchroonrecorders 174
 systeem
 —, frictie- 71
 —, luidspreker- 114
 —, Philips-Miller 19
- taalonderwijs 190
 talenstudie 179
 tegenpermeabiliteit 37
 telefoon
 —, gesprekken 140
 —, hoofd- 129
 —, spoel 140
 telegrafie in versneld tempo
 „Telegraphon Patent-Syndikat”
 telwerk 146
 „Tepegraphone” 15
 tempo, telegrafie in versneld 17
 terughoudkracht 58
 terugwikkelspoel 61
 testband 86
 „Textophon” 18
 theoretische voormagnetisatie 50
 thermoplastische stof 91
 Thomas Alva Edison 15
 tijd
 —, constante 102
 —, nagalm- 127, 174, 202
 —, verschil 13
 —, vertraging, RC- 112
 timbre 11
 toerental 62
 toestand, verzadigings-
 toleranties, excentriciteits- 68
 Toomin en Wildfeuer 37
 toon
 —, aanzet- 11
 —, as 59, 61, 69
 —, boven- 9
 —, complexe 12
 —, dubbel- 12
 —, grond- 9
 —, hoge 4
 —, hoogtevariaties 13
 —, lage 4
 —, luide 13
 —, motor 62
 —, piano- 11
 —, samengestelde 9
 —, som- 12
 —, sterkte 13
 —, treffen 197
 —, verschil- 12
 —, zachte 13
 torsie 89
 traagheidsmoment 65
 transformator 15
 —, auto, 113
 —, ingangs- 109
 —, microfoon- 109

- , snoer- 109, 125
 —, voedings- 74, 113
 transport
 —, band- 59, 66
 —, rol 163
 transportmechanisme 22
 —, kop- 145
 transversale opneemtechniek 87
 trappenschijf 67
 trekveer, metalen 66
 triacetaat 92
 trillingen
 —, enkelvoudige (sinusvormige) 9
 —, geluids- 1, 4
 —, harmonische 9
 —, lucht- 4
 —, sinusvormige 9
 —, ultrasone 13
 trilomvormers 200
 triplex 203
 trombone 132
 trompet 132
 truc-knop 166
 True Fidelity 142
 tuba 133
 tunnel 117
 tussenwiel, rubber 61, 76
 tweelagenband 91
 —, papierband 92
 tweepolige motor 64
 tweerichtingsrecorders 75
 tweesporeregistratie 104
 tweezijdig gevoelige microfoon 124
 uitgang, versterker- 115
 „uitgestelde” programma's 177
 uitschakeling, automatische 74
 uitwendig magnetisch veld 54
 ultrasone trillingen 13
 Valdemar Poulsen 15
 variabele voormagnetisering 51
 variatie
 —, amplitude- 201
 —, dikte- 99
 —, snelheids- 13, 58
 —, toonhoogte- 13
 vastheid, slijt- 82
 vectoren, magnetiserings- 53
 veer, spiraal- 71
 —, draai 63
 —, homogeen 114
 —, magnetische 29
 —, sterkte 32
 —, strooi- 53
 —, voormagnetisatie- 80
 —, voormagnetiserings- 50
 —, wis- 52
 —, wissel- 63
 verbetering
 —, geluids- 142
 —, kwaliteits- 148
 verdeling
 —, geluid- 142
 —, stroboscoop- 161
 verdichting, lucht- 11
 verdunning, lucht- 11
 verlies
 —, capacitieve 102
 —, contact- 101
 —, demagnetisatie- 57, 85
 —, demagnetiserings- 100, 102
 —, hysteresis- 39
 —, ijzer- 43
 —, kop- 102
 —, kwaliteits- 173
 —, laagdikte- 102
 —, spleetbreedte- 101
 —, wervelstroom- 43, 81, 83, 101, 102
 vermogen 115
 —, elektrisch 8
 verschil
 —, faze- 13, 150
 —, intensiteits- 9
 —, tijds- 13
 —, toon 12
 verschijnselen
 —, demagnetiserings- 107
 —, geruis- 55
 versterker
 —, kracht- 141
 —, opneem- 101, 107
 —, uitgang 115
 —, voor- 109
 —, weergeef- 101, 109
 versterkinstallatie 143
 vervorming 25, 79, 102, 119
 —, harmonische 52
 —, lineaire 114
 —, niet-lineaire 114
 verzadigen 81
 verzadiging 37, 77, 79, 81, 84
 —, van het ijzer 38
 —, toestand 53
 Vicander 14
 vierpolige motor 65
 viersporeregistratie 106
 viool 11, 131
 vliegwiel 61, 68
 —, werking 65
 voedingsgedeelte 107, 113
 voedingstransformator 74, 113
 voetschakelaar 155
 Volta, zuil van 15
 voltmeter, wisselspannings- 86
 voorkeursrichtingen, magnetische 45
 voormagnetisatie, hoofdfrequentie 17
 —, theoretische 50
 —, stroom 102
 —, stroom, gunstigste 103
 —, veld 80

- voormagnetiseren 19
 —, met een hoge frequentie 49
 voormagnetisering, gelijkstroom- 49
 —, variabele 51
 voormagnetiserings, -stroom 85
 —, veld 50
 voortplantings, -medium 5
 —, snelheid 5
 voorversterker 109
 vorm-anisotropie 45
 vorming, lus- 70, 170
- waarnemen, het richting- 148
 waarneming
 —, geluids- 13
 —, richtings- 13
 waldhoorn 133
 warmte
 —, behandeling 35
 —, beweging 54
 Weber 28
 —, Braunmühl en 19
 —, eerste hypothese van 29
 —, Wilhelm 15
 weekmaker 91
 weekijzer 15, 34
 —, legeringen 77
 weergave
 —, correcties 110
 —, kwaliteit 123
 —, lineaire 110
 —, natuurgetrouwe 8, 120
 —, ruimtelijke 148
 weergeefcorrecties 101
 weergeefkarakteristiek 101, 109
 weergeefversterker 101, 109
 weerstand, regel-
 weg
 —, ijzer- 40
 —, lucht- 40
 „Weiss-gebieden” 37
 werkelijke magnetiseringskromme 38
 werking
 —, richt- 123
 —, vliegwiel- 65
 wervelstroomlekverliezen 79
 wervelstroomverliezen 43, 81, 83, 101,
 102
- wiel
 —, bandaandrijf- 69
 —, vlieg- 68
 wikkelas 72
 wikkelingen, kop- 105
 wikkelsnelheid 71
 Wildfeuer, Toomin en 37
 Wilhelm Weber 15
 William Gilbert of Colchester 15
 William Sturgeon 15
 windingen
 —, ampère- 32
 —, kortsluit- 63
 wis- en opneem/weergeefkop, ge-
 combineerde 87
 wiskop 53, 79
 —, gelijkstroom- 79
 wismagneet, permanente 79
 wisproces 79
 wisselend magnetisch veld 63
 wisselspanningsvoltmeter 86
 wisselveld 63
 wisselveldkop 81
 wisselveldwissen 81
 wisselwisveld 80
 wissen 19, 53
 —, wisselveld- 81
 wisspanningsfrequenties 81
 wisveld 52
 —, wissel- 80
 World Tape Pals 178, 192
 „wow” 13
 —, en fluttermeter 201
- zaal-akoestiek 9, 130
 zachtboard 203
 zachte toon 13
 zalen, „dode” 204
 zalen, „levende” 204
 zangstem zonder begeleiding 130
 zelfinductie 81, 84, 108
 zelfsmerende lagers 68
 zelfstudie 193
 zuidpool 14, 28
 —, magnetische 28
 zuil van Volta 15
 zweving 12