

DE CASSETTERECORDER

Waar gaat het om bij magnetische registratie? De recorder legt geluid vast op de band die als een geheugen fungeert. Dat gebeurt door een wisselstroom om te zetten in een wisselend magnetisch veld. Daarbij wordt de tijd-dimensie omgezet in een ruimtelijke door de band met constante snelheid langs de opnamekop te laten lopen. Een gevolg van deze omzetting is, dat we over frequentie spreken zolang we het elektrische signaal bedoelen, maar over golflengte zodra we het over de magnetisatie van de band hebben. Beide termen zijn omgekeerd evenredig en hun produkt is de bandsnelheid.

Bij weergave induceren de op de band vastgelegde magneetvelden een wisselspanning in de weergavekop. Na versterking en na de nodige correcties te hebben ondergaan, komt deze spanning als lijnsignaal ter beschikking van de gebruiker.

In andere lesdisciplines is al het nodige verteld over het principe van magnetische registratie, spoelenrecorders, kopjes, spoorconfiguraties, bandsoorten, normen en specificaties. Daarom hier slechts wat aanvullingen, die meer specifiek met cassetterecorders te maken hebben.

Wat geschiedenis

Magnetische registratie heeft een vrij lange geschiedenis. Al in 1887 kwam Janet met een eerste idee, een jaar later gevolgd door Oberlin Smith, die met de eerste praktische suggestie voor magnetiseerbare staaldraad kwam. Maar pas in 1898 werd het ernst dankzij een patent van de Deen Waldemar Poulsen. Het bijbehorende apparaat heette de Telegraphon en men kon er spraak mee vastleggen. Op het principe van Poulsen gebaseerd ontstonden allerlei machines.

Toen ging het nog om een 1mm dikke staaldraad, die met 20m/s langs een magneetspoel vloog; een koolmicrofoon en batterijvoeding waren andere details. Dankzij gelijkstroom voormagnetisatie lukte het in 1900 (Wereldtentoonstelling Parijs) de draadsnelheid tot 2m/s te verminderen. Later leefde Poulsens vinding met tot 0,2mm diameter geslonken draad nog geruime tijd voort in de Webster draadrecorder. Het frequentiebereik hield bij 4kHz op, draadbreuk was fataal en het torderen van de draad vormde een hinderpaal.

De volgende stap is aan Fritz Pfleumer uit Dresden. Hij zat in de wereld van het "bonte papier" en fabriceerde o.a. een sigarettenpapier met bronzen mondstuk voor de vergulde sigaretten. In stilte experimenteerde hij met papier, poeders, magneten en versterkers. Voor zijn eerste magneetband op papierbasis vroeg hij in 1928 patent aan. AEG nam het initiatief over en sloot een contract met Pfleumer en BASF. De papieren drager werd al gauw vervangen door acetylcellulose, de actieve laag bestond uit ijzerdeeltjes, die in 1935 werden vervangen door zwart ijzeroxyde. De eerste banden waren 1km lang en 6,5mm breed, wat bij een bandsnelheid van 1m/s een speelduur van bijna 17 minuten opleverde. BASF is nog trots op

de eerste bandopnamen, die in 1936 van een toernee van het Londens filharmonisch orkest onder Thomas Beecham in Duitsland werden gemaakt.

Met de software moest ook de hardware worden ontwikkeld. De zg. ringmagneetkop met destijds nog een spleetbreedte van 0,1mm werd door Eduard Schiller van AEG ontwikkeld. AEG's K1 Magnetofon was de eerste echte toepassing, die in 1935 tijdens de Berlijnse Funkausstellung werd geïntroduceerd. De Duitse omroep haakte in. Het frequentiebereik was met 50-5.000Hz weliswaar niet veel beter dan bij 78t platen en de ruis stoorde, maar de langere speelduur was een voordeel.

Toen de vinding van de HF voormagnetisatie door von Braunmühl en Weber in 1941 ingang vond, was van echte verbetering sprake. Met bandsnelheden van 76 en 38cm/s werden studio-opnames gemaakt.

Vanaf 1948 deed de spoelenrecorder zijn intrede op de consumentenmarkt. Beroemde machines waren de AEG KL 15 uit 1952 en de Revox G 3. Geleidelijk aan werd het de moeite waard om door halvering ook steeds lagere bandsnelheden te introduceren: in 1952 19cm/s, iets later 9,5cm/s, in 1954 4,75cm/s en in 1975 zelfs voor dicteerapparatuur 2,38cm/s.

De tegenwoordige drager wordt meestal onder hoge druk en bij hoge temperatuur uit polyester gewalst. De actieve laag - ook dispersie genaamd - bestaat voor ongeveer 1/3 uit magnetiseerbaar materiaal en voor 2/3 uit bindmiddel.

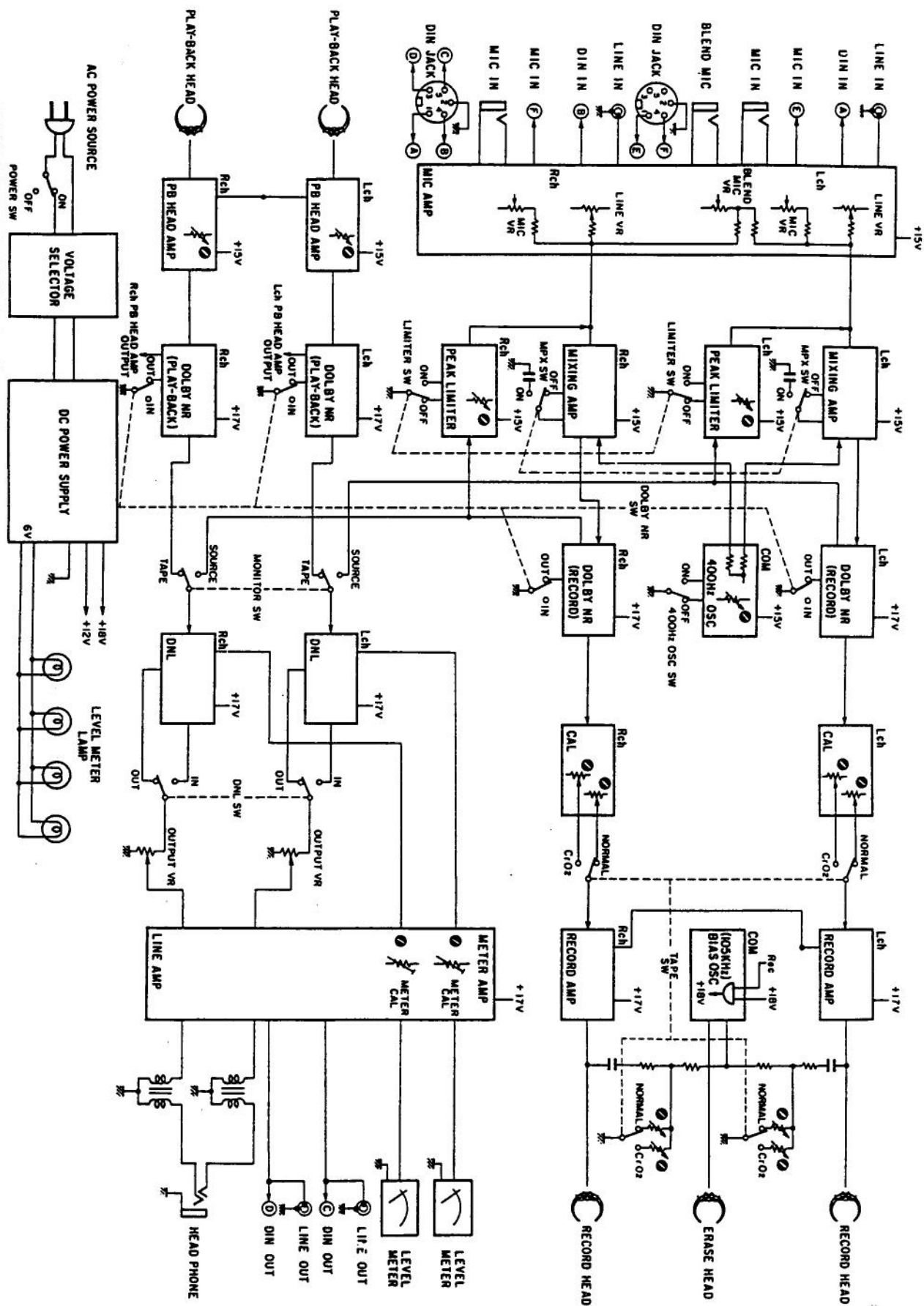
De hoofdgroepen van de recorder

Essentiële groepen van de recorder zijn:

- de wiskop, die zonodig de band magnetisch schoonveegt voordat deze langs de opnamekop loopt.
- de opnamekop, waar de magnetische optekening plaatsvindt. De band ontvangt zijn blijvende magnetisatie op het moment, dat het contact met de opnamespleet wordt verbroken.
- de weergavekop, die al of niet kan zijn gecombineerd met de opnamekop. De weergavespleet moet kleiner zijn dan de halve golflengte van de hoogste weer te geven frequentie. Voor 20kHz komt dat neer op een speelt van $1,687\mu\text{m}$ voor een bandsnelheid van 4,75cm/s.
- het loopwerk voor opname/weergave en snel door/terugspoelen met de bandgeleiding.
- de opnameversterker, een voorversterker, die het binnenkomend signaal de nodige correctie en versterking laat ondergaan, voordat het naar de opnamekop gaat.
- de wisstroom oscillator, die zowel de wisstroom voor de wiskop levert als de voormagnetisatiestroom voor de opnamekop.
- de weergaveversterker, een voorversterker, die het signaal van de weergavekop versterkt en corrigeert, zodat een bruikbaar lijnsignaal ontstaat.

De cassetterecorder

De grote doorbraak van de spoelenrecorder voor privégebruik is nooit gekomen. Het telkens inrijgen of inlussen van de band



Schema van een hoogwaardig cassettedeck midden jaren 70

was voor velen een bezwaar; bovendien zijn er nooit in redelijke kwaliteit en voldoende kwantiteit tegen een aanvaardbare prijs voorbespeelde banden uitgebracht.

Geen wonder, dat werd gezocht naar een soort bandcassette om het bedieningsgemak te vergroten. In 1943 kwam de Duitse PTT met een omslachtige, nog 43cm brede oplossing; in 1950 volgde Loewe Opta met de Optaphon, nog later volgden tal van onuitwisselbare systemen en formaten, waarvan de Amerikaanse eight-track cassette (9,5cm/s bandsnelheid) even succesvol leek.

De eerste cassetterecorder, die wel succes had, was in 1963 de Philips EL 3300: niet toevallig een mono dicteerapparaat (Philips had het over een "Sprekend notitieboek") op basis van een cassette met 2 aandrijfopeningen, een 3,81mm brede band en een bandsnelheid van 4,75cm/s: de eerste compact cassette. De zegetocht van dit formaat is vooral danken aan het feit, dat Philips geen licentierechten eiste. Tot 1967 sloten veel firma's zich bij dit systeem aan, zodat het wereldstandaard werd. In dat jaar werd ook de stereoversie geïntroduceerd. De komst van chroomdioxydeband en Dolby B ruisonderdrukking begin jaren zeventig maakten de cassetterecorder tenslotte HiFi waardig.

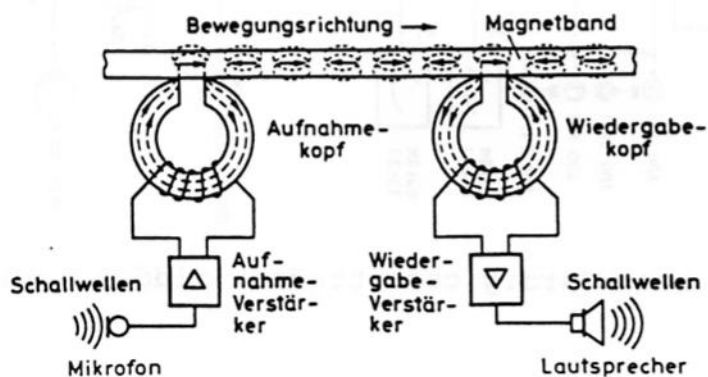
De toen nog in Japan door o.a. Teac en Sony voorgestelde Elcaset (een cassette ongeveer ter grootte van een Betamax videocassette, werkend met 6,31mm brede band en 9,5cm/s bandsnelheid) heeft het nooit gehaald.

De cassetterecorder onderscheidt zich niet wezenlijk van de spoelenrecorder. Afgezien van de cassette zelf zijn de belangrijkste verschillen dus de geringe bandsnelheid van 4,75cm/s en de gehalveerde bandbreedte van 3,81mm.

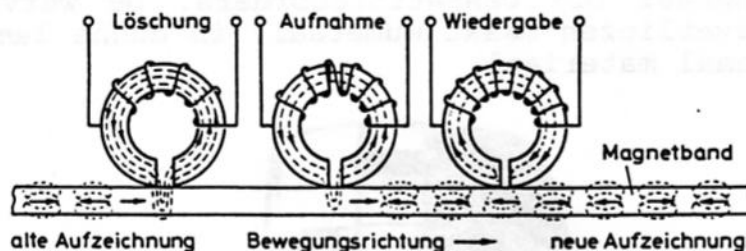
De door Philips zelf en norminstituten in de V.S. en Duitsland vastgelegde specificaties zijn bevestigd door IEC en DIN.

Magnetische registratie

Uit de elektromagnetische basisfeiten bleek, dat bij beweging van een magneet in een spoel een spanning wordt geïnduceerd. De spoel reageert echter niet op de sterkte van het magnetisch veld, doch op de snelheid van de verandering van dat veld; nauwkeuriger uitgedrukt: op de magnetische flux. Is de magneet vlakbij, dan is de werking van de magneet - zijn veldsterkte in de spoel - groot. Veel veldlijnen doorsnijden de spoel en de magnetische flux is groot. Bij een ver verwijderde magneet is de veldsterkte verwaarloosbaar klein en nadert de magnetische flux 0.



Bij magneetband maakt men dankbaar gebruik van dit effect. Een bespeelde band heeft veel weg van een keten verschillend sterke en gepoolde, op onregelmatige afstanden van elkaar voorkomende magneetjes. Als ze een spoel (de weergavekop) passeren, induceren ze een wisselspanning, die het evenbeeld is van het magneetpatroon.



De band, die voor audio opname wordt gebruikt, bestaat uit miljoenen magnetiseerbare naaldjes, die, gemengd met bindmateriaal zijn uitgesmeerd over een dun lint van plastic folie, dat voor mechanische stabiliteit zorgt. Haast elke fabrikant heeft zijn receptuur voor dergelijke banden.

Voor gebruik in cassettedecks is dat lint 6,35mm breed. Het magnetisch materiaal is niet homogeen, maar bestaat zoals gezegd uit miljoenen kleine magneetpartikeltjes. Bij opname kunnen de magneetdeeltjes met behulp van een extern magnetisch veld, dat door de opnamekop wordt opgewekt, verschillend worden gemagnetiseerd. De magnetische lading wordt dan op de band "bevrozen": remanent magnetisme. Een voldoende krachtig magneetveld kan vervolgens de magnetisatie weer veranderen. De band kan naar believen worden gewist en voor een nieuwe opname worden gebruikt.

Voor elk naaldje geldt, dat om opnieuw of anders te worden gemagnetiseerd een bepaalde drempelwaarde moet worden overschreden voordat magnetisatie plaatsvindt. De daarvoor noodzakelijke kracht heet coërciviteit. Wordt die drempelwaarde overschreden, dan kiest de magnetisatie volledig om, net als een tuimelschakelaar. De afzonderlijke magneet kent slechts twee toestanden: plus of min gemagnetiseerd.

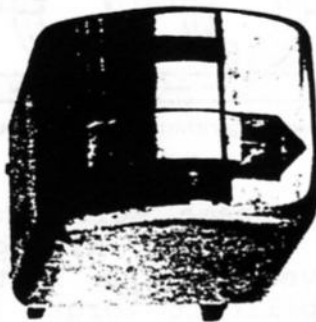
Magneetjes van dit formaat kunnen bij opname door de wiskop nooit volledig worden gedemagnetiseerd, maar de richting van de magnetisatie is willekeurig, zolang de band onbespeeld is, zodat de velden van al die magneetjes elkaar opheffen. Maar ook al zijn die magneetjes microscopisch klein, ze gehoorzamen wel aan magnetische wetten en veroorzaken o.a. een lichte bandruis bij weergave.

Gescheiden opname- en weergavekop of combikop

De opname- en weergavekop moeten aan heel verschillende eisen voldoen. De smalle spleet, die voor weergave van de hoogste frequenties (dus de kleinste golflengtes) nodig is, bederft toegepast in een opnamekop het rendement van het opnemen met als gevolg bij het gebruik van een combikop een extra zwaar

uitgevoerde opnameversterker. Met het risico dat de kop erg warm wordt.

Het uit de spleet van de opnamekop tredende magnetisch veld moet liefst sterk zijn gebundeld, maar het moet ook diep genoeg in de magnetische laag doordringen. Al naar gelang de bandsnelheid worden spleetbreedtes van 4-35 μm toegepast; 4 μm is heel gangbaar bij cassetterecorders. De wervelstroom- en magnetisatieverliezen maakt mumetaal, in dunne lamellen gebundeld, en ideaal materiaal.

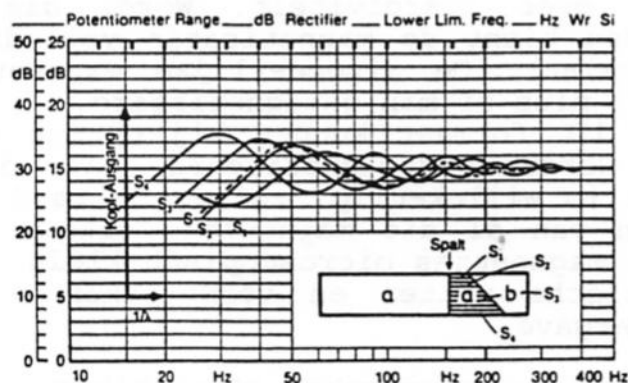


Weergavekop met 2 μm brede spleten

De weergavekop is doorgaans ook van mumetaal en heeft een spleetbreedte van 1-5 μm , bij de cassetterecorder opnieuw de laagste waarde: 1 μm . Niet zelden worden beide kopjes gebundeld tot n unit om zo meteen azimuthfouten te vermijden.

Een combikop is altijd een compromis in dit opzicht. Met als bijkomende nadelen, dat geen nabandcontrole kan worden uitgevoerd (monitorschakeling) en dat de Dolby afregeling niet mogelijk is. Daar staat dan weer als voordeel tegenover, dat het azimuth nooit hoeft te worden afgeregeld. De spleetbreedte bedraagt 3-10 μm ; normaal is vaak in de orde van 7 μm .

De wiskop is vaak van ferriet.



a) magnetisch geleidend, b) niet geleidend

Contour-effect

Een 20Hz toon strekt zich op de cassetteband over 2,4mm uit. Het magnetisch veld treedt ver buiten de band en beïnvloedt zo

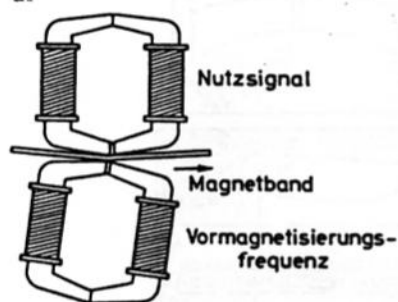
niet alleen de kopspleet maar ook de buitenste delen van de poolhelften. Er vloeien nog veldlijnen van de eerdere of volgende trilling door de kop. Deze versterken of verzwakken zo het door de spleet "opgezogen" veld.

Dienovereenkomstig wordt daardoor de uitgangsspanning van de weergavekop frequentie-afhankelijk golvend:

Het gaat er nu om de geometrische afmetingen te optimaliseren om kopspiegel resonanties tegen te gaan. Dat kan door de poolhelften niet even lang te maken of door het aanrakingsoppervlak - de kopspiegel - te veranderen. Bij cassetterecorders is het contoureffect heviger dan bij met hogere bandsnelheden werkende spoelenrecorders.

Cross-Field techniek

Bij de gangbare bandregistratie worden muzieksignaal en bias-sig-naal samen naar de opnamekop gevoerd. Dit kan tot gevolg hebben, dat bepaalde gebieden uit het frequentiespectrum door dat gemengde signaal worden beïnvloed of niet worden vastgelegd.



Voormagnetisatie en opnamesig-naal zijn over twee koppen verdeeld.

Om dat te vermijden werden destijds met de door onder andere Akai en Tandberg toegepaste zg. Cross-Field techniek deze beide magnetische velden van elkaar gescheiden door twee opnamekoppen in plaats van één te gebruiken; de ene voor het muzieksignaal, de andere voor de bias. De band loopt tussen deze beide door. Een nadeel is, dat de onderlinge hoek tussen beide koppen steeds afhankelijk van de bandsnelheid moest worden aangepast. Het systeem, dat voor het cassette-medium onbruikbaar was, is in onbruik geraakt.

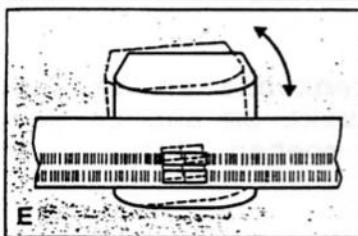
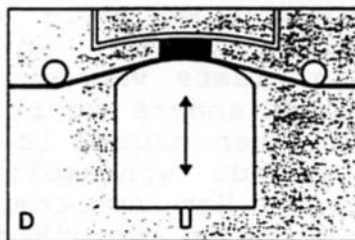
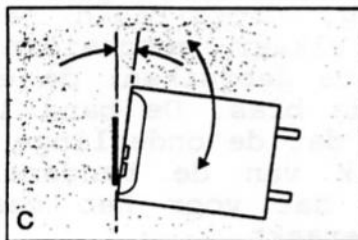
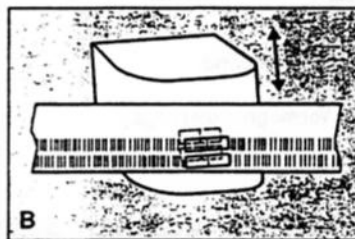
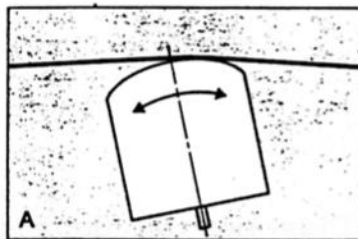
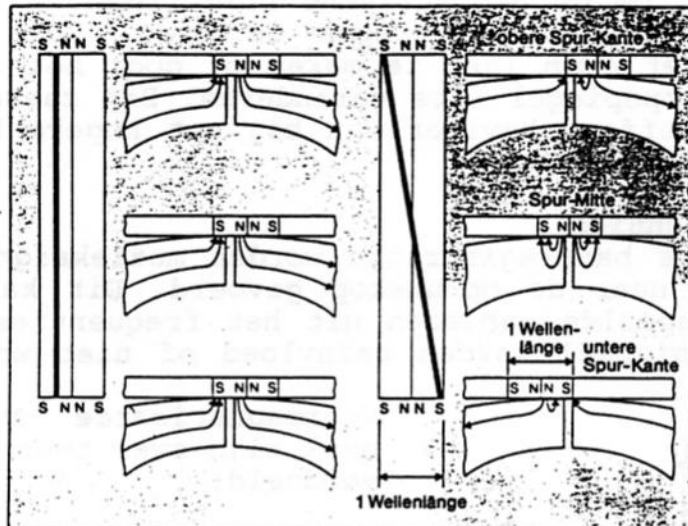
Azimut

Azimut is een term uit de sterrenkunde en de landmeterij. In de recorderwereld wordt het gebruikt om aan te geven, dat alle in aanmerking komende hoeken 90° moeten zijn.



Om volledig te kunnen profiteren van het volledige frequentie-bereik, dat op de band kan worden opgetekend, is het nodig dat

de weergavespleet precies evenwijdig loopt met opnamespleet en dat beide precies loodrecht staan op de looprichting van de band. De kop mag ook niet voor- of achterover hellen omdat anders de juiste bandloop in gevaar komt, de bandgeleiders ten spijt.

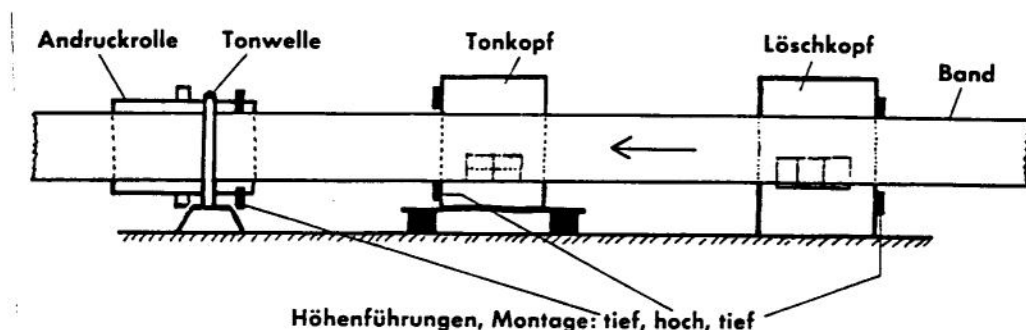


Band und Tonkopf müssen exakt zueinander ausgerichtet sein:
 A. Symmetrie der Umschlingung,
 B. Tonkopfhöhe,
 C. Tonkopf-Zenit;
 D. Eintauchtiefe des Kopfes
 E. Azimut.

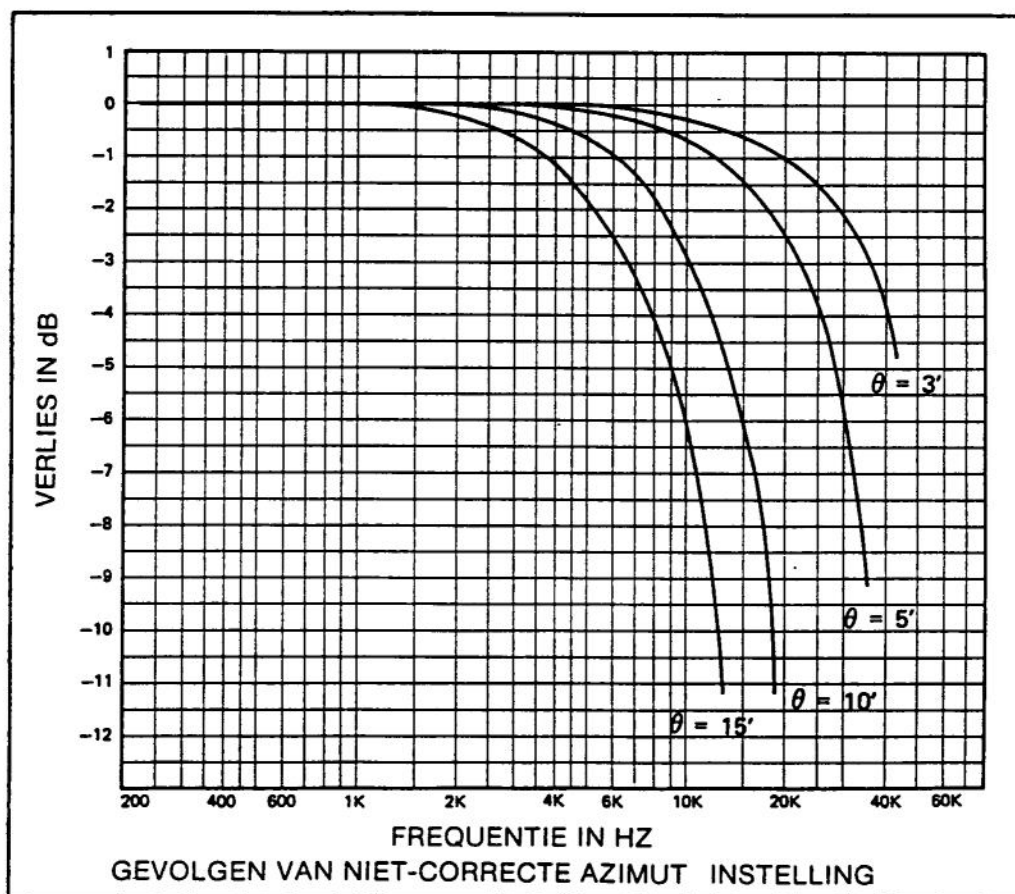
Bij een azimuthfout van 2.0' bedraagt het tijdverschil tussen beide stereokanalen al 11 μ s en het verlies aan hoge tonen bij 12,5kHz 1,1dB; bij een azimuthfout van 4,5' loopt dit op tot resp. 25 μ s en 6,6dB!

Philips cassettedecks bezitten een heel eenvoudige, maar

effectieve mechanische azimuthcorrectie.



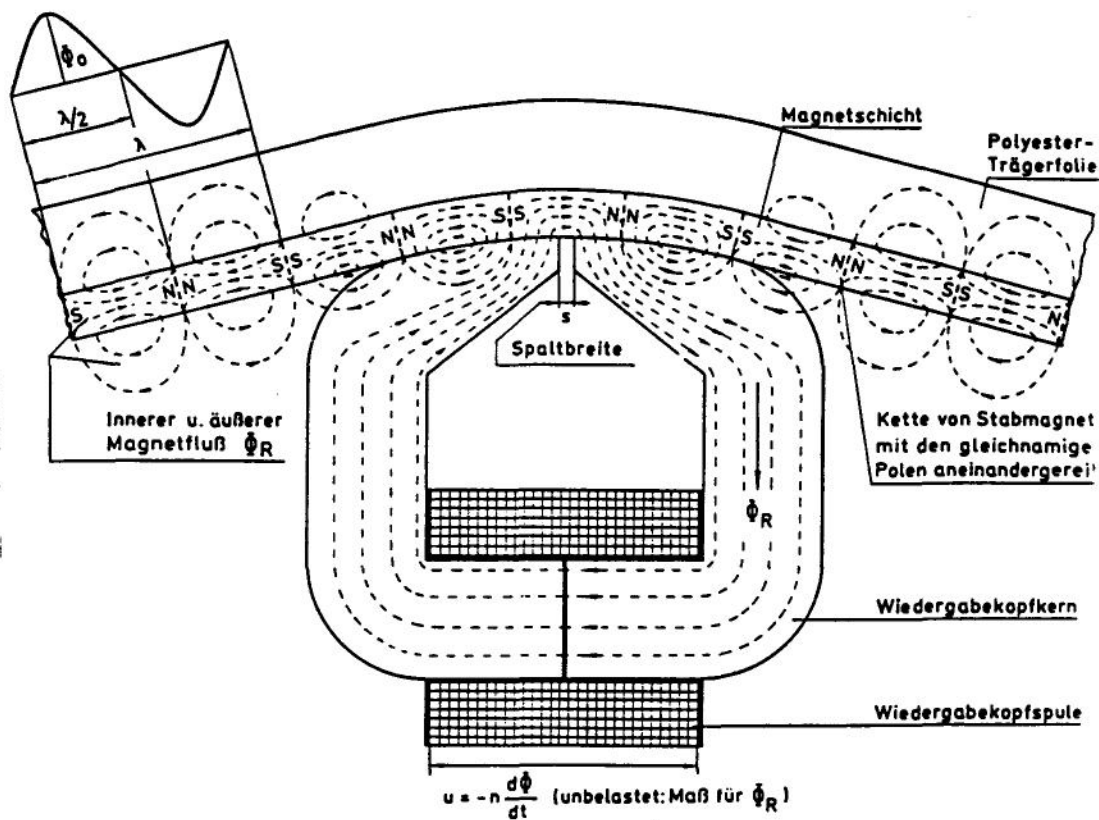
Bij het afregelen met behulp van een calibratieband en een (antimagnetische) schroevendraaier wordt de opnamekop uitgelijnd met de weergavekop als uitgangspunt. Gehoormatig kan dat ook: afregelen op maximale hoge tonen. Na elke azimuth afregeling moeten de kopjes worden gedemagnetiseerd.



Weergave

De weergavekop "zuigt" nabije veldlijnen in de magnetisch geleidende kern. Wanneer de band beweegt, verandert de magne-

tische flux Φ van de spoel en wordt een spanning u opgewekt. De frequentie f hangt af van de golflengte λ van de magnetische informatie en de bandsnelheid v .



Opname

Een magneet wordt gevormd, wanneer een geschikt materiaal wordt onderworpen aan een magnetische flux. Wanneer flux door de opnamekop wordt toegediend, wordt de band gemagnetiseerd in de mate, die wordt getoond in de gearceerde gebieden uit fig. 1a: de hysteresis curve. Als de band verder van de kop beweegt en de flux wordt opgeheven, treedt een geringe demagnetisatie op. De mate van permanente magnetisatie hangt deels af van de flux, waaraan het blootstond, deels van de eigenschappen van het materiaal zelf: van de remanentie.

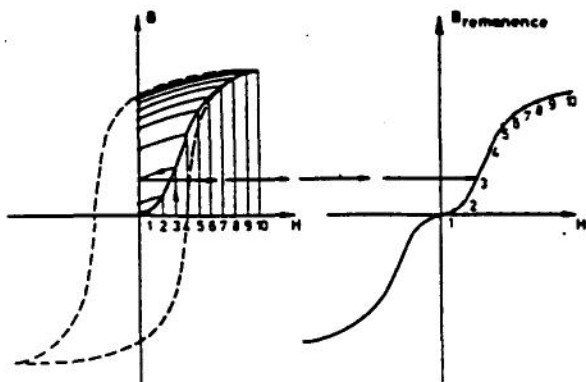
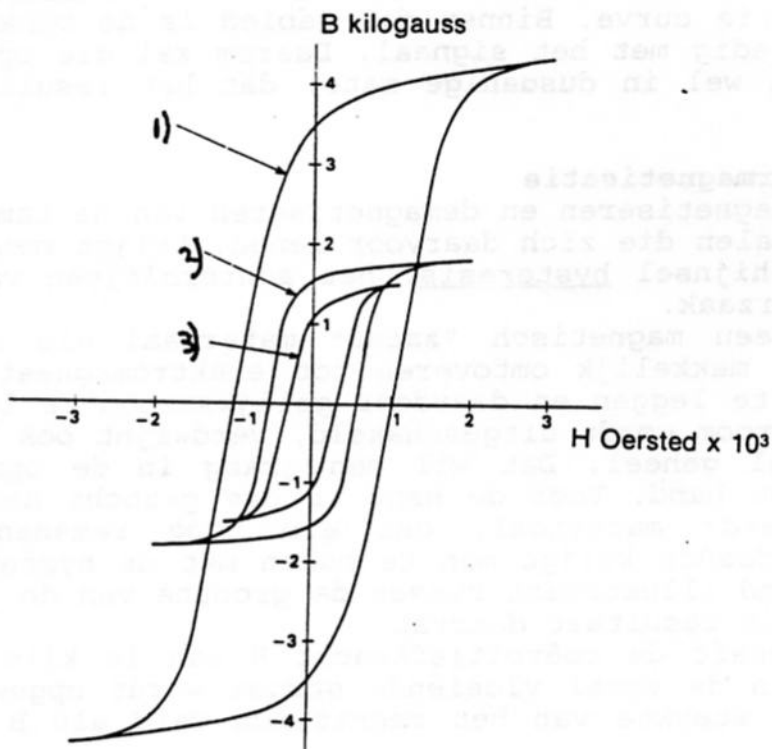


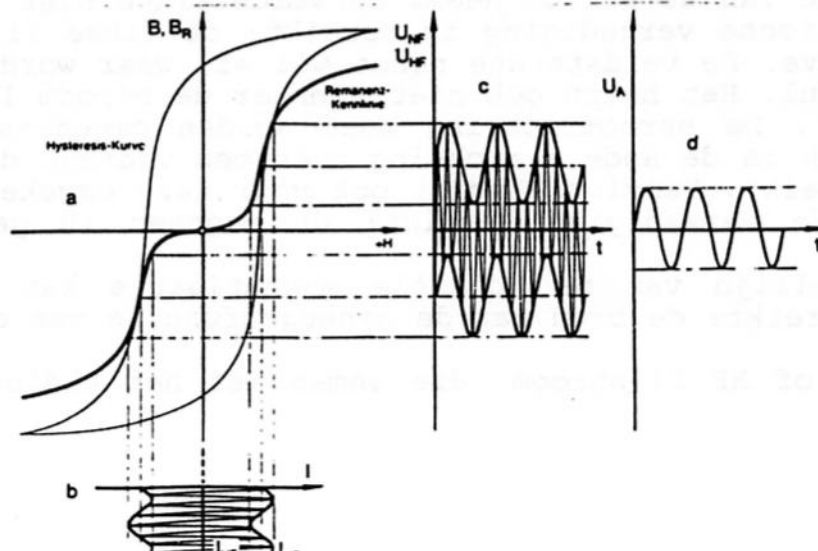
Fig.1a.

Fig.1b.

Die afhankelijkheid verloopt niet lineair, maar volgt de curve uit fig. 1b, een afgeleide van 1a. Afhankelijk van het magnetisatie niveau valt de illustratie uiteen in drie delen. Bij zeer geringe magnetisatie niveau's rond het midden van de figuur verloopt de curve niet lineair. In het hogere niveaube-reik is de magnetisatie recht evenredig met de flux, dus lineair (de punten 2-5 in fig. 1b), waarna de magneetjes hun grens bereiken en verdere magnetisatie onmogelijk is, ongeacht de fluxtoename. De magneetjes zijn dan verzadigd. Voor elke bandsoort geldt een eigen hysteresislus, zoals hieronder blijkt. 1) is voor Me band, 2) voor chroomband en 3) voor ijzeroxydeband.



Om een audioprogramma op band te registreren, moet het over de lengte van de band worden gemagnetiseerd in een mate, die overeenkomt met het aangeboden signaal, dat de opnamekop ontvangt, die met zijn kopspleet de flux opwekt.



Onder invloed van die flux worden de minuscule magneetjes op de band in dezelfde richting gemagnetiseerd, qua sterkte evenredig met het niveau van het magnetisch signaal.

Bij cassettedecks wordt dat signaal op vier sporen (twee stereoprogramma's) vastgelegd in spoortjes met 0,66mm breedte en tussenbermen met 0,35mm breedte. Dat alles bij een band-snelheid van 4,76cm/s.

Opnieuw zijn de magnetische eigenschappen van de band bepalend voor het resultaat. Wanneer het audiosignaal direct naar de opnamekop zou worden gevoerd, vallen gedeeltes van de opname bij laag niveau in het niet-lineaire middengebied van de magnetisatie curve. Binnen dat gebied is de opname niet lineair evenredig met het signaal. Daarom zal die opname vervormd worden en wel in dusdanige mate, dat het resultaat ongenietbaar is.

Bias: voormagnetisatie

Bij het magnetiseren en demagnetiseren van de tamelijk schaarse materialen die zich daarvoor lenen, krijgt men te maken met het verschijnsel hysteresis, het achterblijven van het gevolg bij de oorzaak.

Men kan een magnetisch "zacht" materiaal als het klassieke weekijzer makkelijk omtoveren tot elektromagneet door er een spoel om te leggen en daardoor gelijkstroom te laten vloeien. Als de stroom wordt uitgeschakeld, verdwijnt ook het magnetisme vrijwel geheel. Dat wil men graag in de opnamekop, maar niet in de band. Voor de band is dus gezocht naar een magnetisch "hard" materiaal, dat een hoog remanent magnetisme bezit. Zodoende krijgt men te maken met de hysteresislus, die het verband illustreert tussen de grootte van de stroom en het magnetische resultaat daarvan.

De x-as geeft de coërcitiefkracht H aan in kilo-Oersted, die door de in de spoel vloeiende stroom wordt opgewekt. De y-as tekent de sterkte van het magnetisch veld als B in kilogauss aan.

Het ontstaan van de lus mag bekend worden verondersteld. Als de stroomsterkte toeneemt, groeit ook het magnetisch veld volgens de stippellijn. Tenslotte neemt de toename van het magnetisch veld af, de lijn gaat horizontaal lopen; ongeacht de toename van de stroom neemt de veldsterkte niet verder toe. De magnetische verzadiging is bereikt: de dikke lijn of remanentiecurve. De veldsterkte neemt wel af, waar wordt bij lange na niet nul. Het helpt ook niet wanneer de stroom langzaam tot 0 afneemt. De stroomrichting moet worden omgedraaid en weer behoorlijk in de andere richting toenemen voordat de x-as weer wordt bereikt. Tenslotte wordt ook voor deze omgekeerde magnetisatie de verzadiging bereikt: de magneet is geheel omgepoold.

De stippellijn van de initiële magnetisatie kan nooit meer worden bereikt: de bron van de geheugenfunctie van de band.

De bias- of HF bijstroom, die samen met het audiosignaal aan

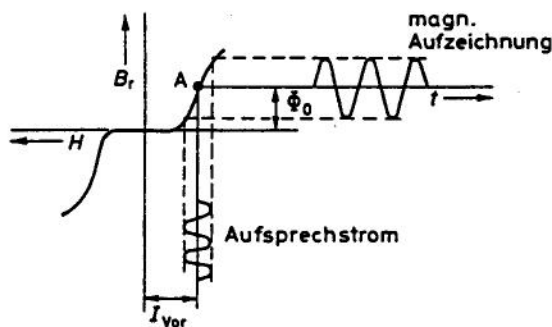
de opnamekop wordt toegevoerd om te bereiken, dat de quasi onbereikbare initiale magnetisatiekromme toch gaat bepalen wat precies aan remanent magnetisme op de band achterblijft, is een manier om de ondraaglijke, door hysteresis veroorzaakte vervorming weg te werken. Het is nuttig daarbij van onderstaande remantiecurve uit te gaan.

De bias moet precies groot genoeg zijn om de "taille" van de hysteresislus te omvatten. In a zijn de eerste magnetisatie, de (dunne) hysteresislus (B-H kromme) en de (dikke) remanentie kromme te zien. Bij b komt de gemengde signaalstroom I_{NF} samen met de bias I_{HF} aan; c geeft het magnetisch resultaat op de band weer en d hoe de weergavekop dat omzet in afgegeven signaalspanning. De niet-lineaire knik in de remanentiekromme is netjes weggewerkt. Het signaal wordt niet groter gekozen dan het rechte deel van deze curve toelaat. Verder blijkt, dat de vervorming zal toenemen naarmate de band verder in oversturing raakt, totdat de verzadiging verdere uitsturing onmogelijk maakt.

Anders gezegd: Om het effect van grote vervorming bij lage niveau's te omzeilen, wordt een voormagnetisatie (bias) op het audiosignaal gesuperponeerd. Wanneer namelijk een hoogfrequent signaal aan dat audiosignaal wordt toegevoegd, wordt de gecombineerde golfvorm een omhullende: de lage frequenties omsluiten de hoge, zoals in de figuur op de voorgaande bladzijde.

Wanneer het gecombineerde signaal aan de opnamekop wordt doorgegeven, wordt dat signaal opgeschoven, zodat het buiten het gebied waar de magnetisatie gering is valt; dat gebied wordt nu volledig in beslag genomen door het hoogfrequente signaal. Het biassignaal wordt niet opgenomen zolang het maar een frequentie heeft, die ver boven het frequentiebereik van de band ligt (85-105kHz), maar de lage frequenties worden in het lineair verlopende deel van de magnetisatie curve opgenomen.

De weergavekop neemt alleen veranderingen in het magnetisatie niveau waar en geen absolute niveau's. Daarom zal hij heel getrouw de magnetisatie fluctuaties - en daarmee het audiosignaal - die op de band voorkomen, weergeven. Wel blijkt, dat alle band parameters, vooral die bij hoge frequenties - afhankelijk zijn van de amplitude van het bias signaal.



Gelijkstroom voormagnetisatie

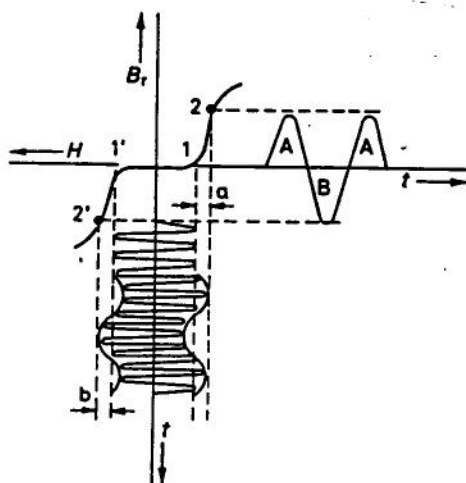
Aanvankelijk werd gelijkstroom voormagnetisatie toegepast. Met als nadeel, dat ook in modulatiepauzes alle magneetdeeltjes gemagnetiseerd zijn. De ongelijkmatige verdeling en de wisselende kwaliteiten van de gevoelige laag hadden tot gevolg, dat de biasflux sterk rond een gemiddelde waarde fluctueerde, wat zijn negatieve invloed had op de ruisspanning bij weergave.

Wisstroom en wiskop

Voorwaarde voor een goede opname is een volledig gedemagnetiseerde band. Dat gebeurt met behulp van een wisselend magneetveld. De magnetische deeltjes op de band worden tot verzadiging gemagnetiseerd en vervolgens na een paar keer doorlopen van de hysteresislus met dalende wisselend veldsterkte tot 0 gedemagnetiseerd.

De wiskop werkt met grote magnetische dichtheid en een brede luchtspleet van 0,1-0,4mm, gemiddeld 0,2mm. Hij moet ook liefst een hoog rendement hebben en geringe kopspleetverliezen bezitten. Daarom wordt meestal gekozen voor een kleine bouwvorm en een ferrietkern als materiaal. Meestal is hij via een transformator aan de HF oscillator gekoppeld.

De enige beperking die aan de grootte van de door een HF oscillator opgewekte 80-105kHz wisstroom wordt gesteld, is de verhitting van die kop. Verder geldt: hoe groter de wisstroom, des te beter wordt de band gewist. De wiskop is natuurlijk dusdanig geschakeld, dat het wisproces alleen tijdens opname plaatsvindt. De wiskop komt dus ook met de band in contact voordat deze de opnamekop bereikt.



Wisselstroom voormagnetisatie

Aan de zuiverheid van de wisstroom worden zware eisen gesteld. Hij moet namelijk magnetisch neutraal zijn, d.w.z. de golfvorm moet boven en onder de nullijn gelijke oppervlakken vertonen. Met andere woorden: de oneven harmonischen in de vervorming moeten minimaal zijn, anders blijft op de band een restje gelijkstroom magnetisatie (of ruis) achter.

Natuurlijk kunnen banden ook met een permanente magneet, of

"in bulk" met een zware elektromagneet worden gewist.

MPX filter

Menige rechtgeaarde cassette recorder beschikt over een MPX (Multiplex) filter, dat alleen hoeft worden ingeschakeld tijdens het maken van opnamen van FM stereo radioprogramma's. Het zeefst keurig de 19kHz piloottoon uit.

Ruis en verzadiging

Om een opname te maken, die goed vervormingsvrij is, lijkt dit de belangrijkste voorwaarde, waaraan moet worden voldaan. Maar er zijn andere kwaliteitscriteria in het geding, zodat het nuttig is op het opnameproces meer in detail te bestuderen. De eerste waarneming is, dat hoewel de signalen op laag niveau nu vervormingsvrij zijn, ze dreigen onder te gaan in de ruis, terwijl juist luide signalen door vervorming worden bedreigd. Ruis is een inherente eigenschap van de willekeurige verdeling van de magneetjes over de band. Deze willekeurige magneetjes genereren signalen in de weergavekop, die weliswaar een laag niveau hebben, maar een willekeurige frequentie hebben: wat als een continu geluidstapijt hoorbaar wordt, is de bandruis.

Het absolute ruisniveau is een functie van de formulering van het magnetisch materiaal zelf en van de afmetingen en de verdeling van de magneetpartikels. Noch de recorder, noch het opnameniveau hebben daar invloed op; het is een eigenschap van de band.

Aan het andere uiteinde raken geluiden met een hoog niveau vervormd, wanneer de magneetdeeltjes het verzadigingsniveau naderen en overschrijden. Naarmate de magnetisatiecurve minder lineair wordt, veroorzaken hogere signaalniveau's geen evenredige toename van het opnameniveau meer. Een soort "soft clipping" treedt bij de golfvorm op; de topjes worden afgeschoren, of beter gezegd gecomprimeerd. De mate van compressie wordt gemeten als 3e harmonische vervorming.

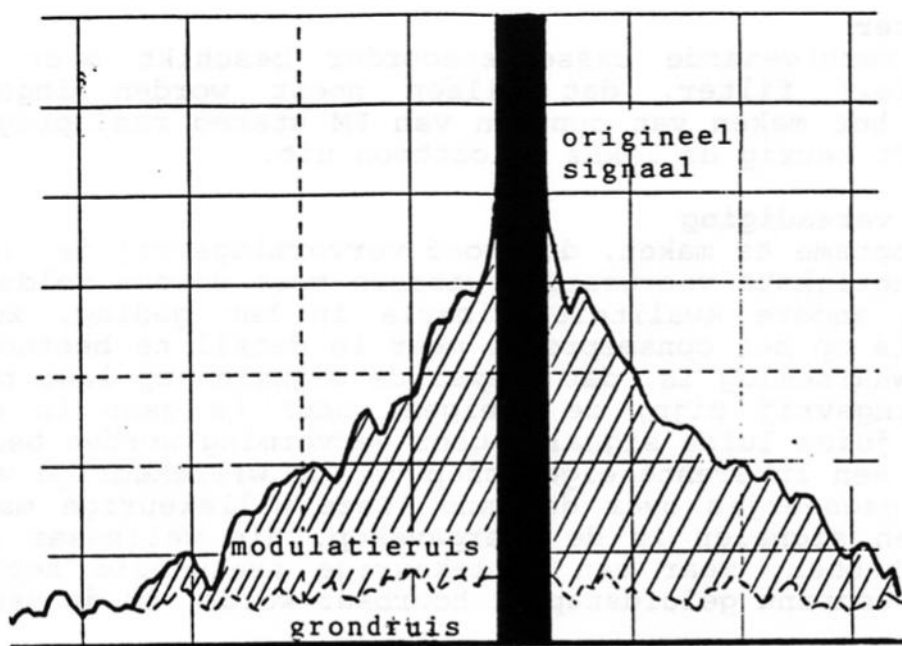
Om opnamen te maken met de optimale S/R verhouding, is het nodig om te zorgen, dat de opname optimaal wordt uitgestuurd (de pieken tot aan de vervormingsgrens) om de grootst mogelijke afstand te bewaren tot de ruisvloer.

Modulatieruis

In tegenstelling tot de grondruis, die ook bij onbespeelde cassettes aanwezig is, is modulatieruis een verschijnsel, dat pas bij opname van signalen (het moduleren) ontstaat. Het is een vorm van ruis, die met het signaal toe- en afneemt.

Terwijl de grondruis alleen mogelijk in de zachtste muziekpassages en tijdens pauzes en rusten hoorbaar wordt, ligt de modulatieruis als een grauwsliuier over de muziek, waarvan helderheid en zuiverheid te lijden hebben. In tegenstelling tot grondruis, kan modulatieruis niet met ruisonderdrukkers of companders worden bestreden.

In de specificaties van diverse bandsoorten wordt als meetwaarde de modulatieruisafstand vermeld.



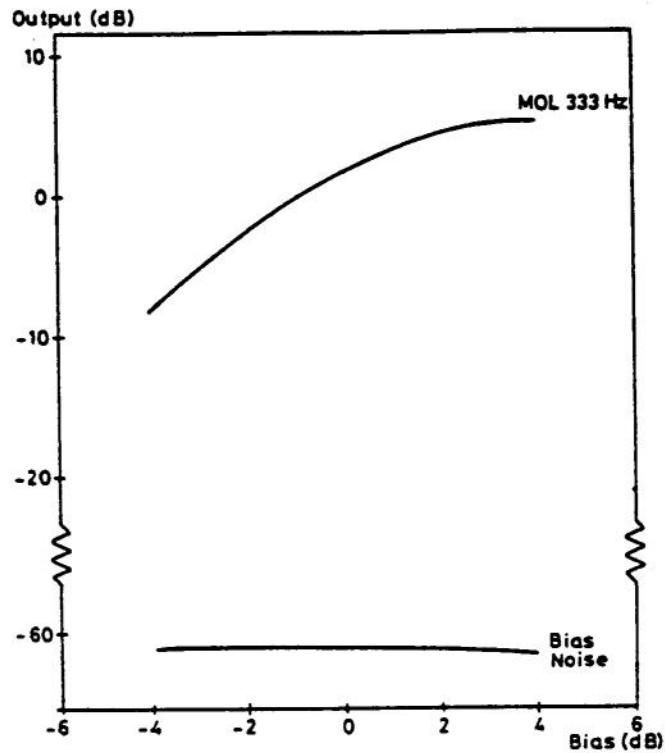
Maximum uitgangsniveau (MOL)

Er bestaan internationale normen om de relatieve uitsturing te bepalen. Ze worden graag in specificaties gebruikt. Beide normen gaan uit van nanoweber/meter (nWb/m). De ene, het Dolby niveau om de Dolby ruisonderdrukking af te regelen, bedraagt 200nWb/m , de andere, het DIN niveau bedraagt 250nWb/m . Er is een verschil van 2dB . De feitelijke waarden hebben op zichzelf weinig betekenis, maar het is van belang te weten welke wordt gebruikt bij het bestuderen van specificaties.

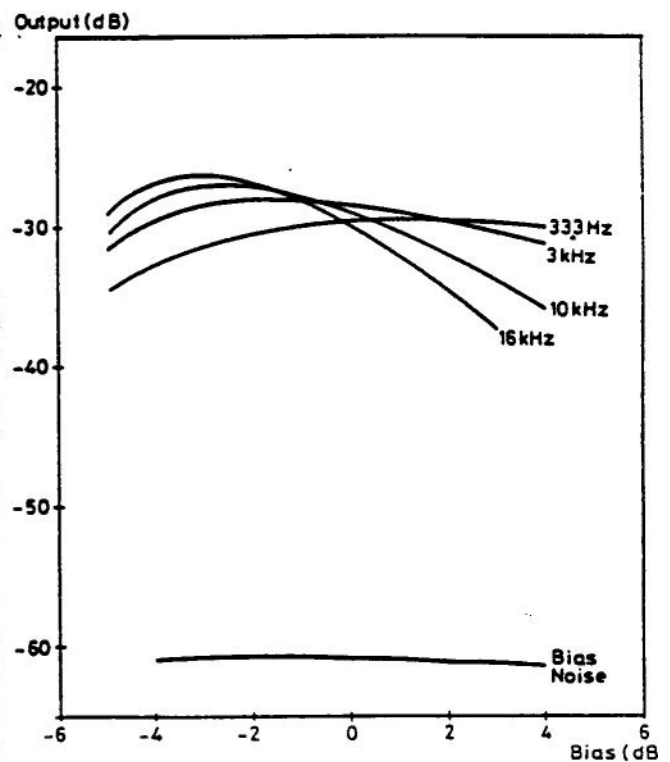
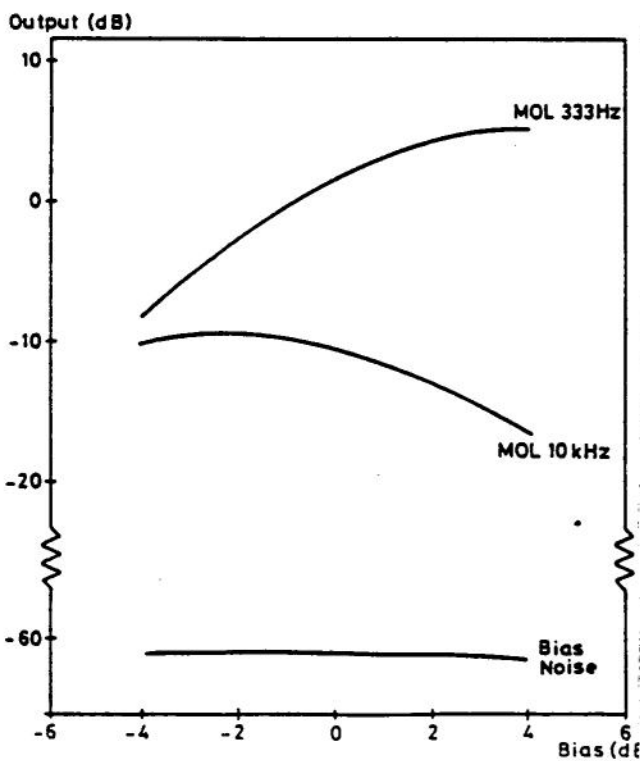
De 3e harmonische vervorming wordt gebruikt om het maximum toelaatbare uitsturingsniveau te bepalen. Wanneer het signaal wordt geregistreerd met een 3e harmonische vervorming van 3% wordt de band geacht verzadigd te zijn.

Bij weergave wordt het uitgangsniveau gerelateerd aan een referentieniveau het Maximum Output Level (MOL) genoemd. MOL is een formulering van de magnetische laag op de band en varieert niet alleen met de bandsoort, maar ook van merk tot merk. De IEC norm om LF MOL te meten gaat uit van 315Hz .

Het MOL bij 315Hz kan evenwel worden veranderd door het bias-niveau te wijzigen. Het maximum niveau, dat kan worden vastgelegd op een bepaalde band is geïllustreerd in de afbeelding op de volgende pagina.



Uit het verloop van de curve kan worden afgeleid, dat naarmate het biasniveau toeneemt ook het MOL toeneemt zolang de omhullende van de audiofrequentie maar uit de buurt blijft van de vervorming op laag niveau. Maar vanaf een bepaald punt begint het audiosignaal het verzadigingsgebied binnen te dringen en daalt het MOL.



Op de vorige pagina links: MOL en bias karakteristiek van een cassetteband bij twee frequenties; rechts: dito bij opname van vier frequenties.

Er bestaat daarom een optimale bias voor elk signaal van een bepaalde frequentie, waarmee dat signaal symmetrisch in het midden van het lineair verlopende gedeelte van de magnetisatiecurve wordt gebracht. De frequentie van het biassignaal is onbelangrijk zolang deze maar hoog genoeg is.

Omdat het LF MOL voor een band bij 315Hz wordt gemeten, bestaat uiteraard een MOL voor elke combinatie van frequenties en bandsoort. Hoe hoger de op te nemen frequentie, des te lager kan het vereiste biasniveau zijn.

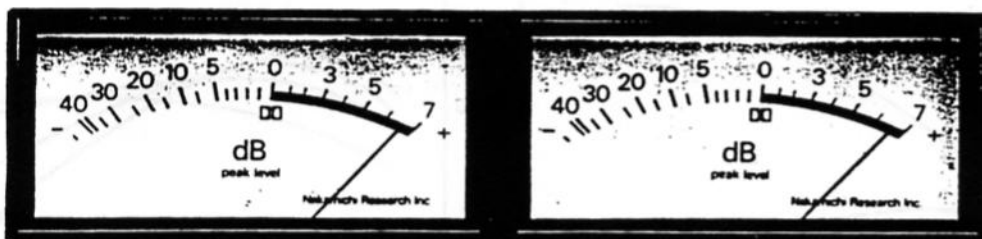
Dat blijkt uit de afbeelding rechts op pag. 17, die de optimale bias voor de frequenties 333Hz en 10kHz laat zien. Dit op zijn beurt geeft aan, dat er geen optimale bias is, waarmee de hele audio bandbreedte ideaal kan worden verwerkt en dat het altijd aankomt op een compromis bij gangbaar programma materiaal.

In het algemeen wordt de bias amplitude zodanig gekozen, dat deze past bij het beste LF MOL. Zo ontstaan de gunstigste voorwaarden voor een goed LF MOL en een redelijk maximum uitgangsniveau bij hoge frequenties. De amplitude van dat bias signaal wordt de statische biasstand van de recorder genoemd.

VU meters en Peak Program Meters (PPM)

De voorgaande discussie ging voornamelijk over het magnetische proces om hoge geluidsniveau's te registreren. Maar om een opname met dat hoogste niveau voordat vervorming optreedt te maken, is een methode nodig om dat te realiseren, zodat de mogelijkheden van de band volledig worden benut.

Daarom is het nodig om het ingangssignaal te controleren op sterkte.



Naar hun uiterlijk zijn de volgende uitsturingsinstrumenten te onderscheiden:

- wijzerinstrumenten (vroeger standaard)
- lichtpuntindicatoren (via een spiegel, oude Duitse studio-techniek)
- lichtdiodes (LED, enkelvoudig of als reeks)
- plasma aanduiding (als neon gloeilampje, meestal in de vorm van een fijnmazige serie oranjekleurige lichtbalken)
- fluorescentie aanduiding (FLD, meest groen, maar ook meer-

kleurig, net als het vroegere "katte-oog": in een platte vacuum glasbuis ingebouwde gloeikathodes en geschakelde licht-anodes)

- LCD (vloeibare kristallen, meestal aan de achterkant be-licht)
- via het video- of computer beeldscherm.

Naar functie is het onderscheid in aanwijzing:

- snelle piekwaarde (middelsnel, snel - PPM, de Peak Program Meter - en zeer snel. Meestal zijn ze frequentie-lineair).
- effectieve waarde (echt of bij benadering)
- VU meter (grofweg gemiddeld)

In de wereld van de cassette recorder bestaan in essentie twee soorten meters. De traditionele is de uit Amerika stammende VU meter, die verder nauwelijks modificaties onderging. Zo'n VU meter is feitelijk een doodgewone millivoltmeter, waarvan de schaal in dB (hier Volume Units genaamd) en in percentage is geijkt. Omdat de meter van nature lineair is, pakt die ijking verre van lineair uit en is het bereik niet groter dan 23-26dB. Bovendien heeft men de traagheid van de meteraanwijzing (de volle uitslag wordt pas na 0,2s bereikt) in de specificatie met 6-14dB gecompenseerd door het voorschrijven van een bepaalde manier van "doorschieten" van de wijzer bij plotse-linge spanningspieken. Om al deze redenen is het verstandig bij gebruik van VU meters niet veel verder dan maximaal tot -5dB uit te sturen.

Onder Duitse invloed kwam de piekaanwijzende dB meter als betere oplossing in zwang met een schaal, die in dB vrijwel lineair verloopt en waarbij de wijzer een snelle opkomst (binnen 50ms) paarde aan een langzame terugval (1 à 2s). Dit ideaal werd bereikt met de lichtvlekmeter en de LED digitale aanwijzing.

Hun werking wordt bepaald door de monitorschakeling, die het audiosignaal controleert en die een voltage opwekt, dat evenredig is met de ingang en dat de meter aangeeft.

Twee soorten onnauwkeurigheid komen voor bij elk metertype. Om te beginnen zijn er de toleranties van de meters zelf, die meer dan +/-1dB kunnen bedragen. Mechanische meters lijden aan traagheid en Overshoot. De andere onnauwkeurigheid schuilt in eventuele afwijkingen van tijdconstanten en onnauwkeurigheden in het audiosignaal.

Goede uitsturingsmeters hebben een bereik van ongeveer -40 tot +6dB. Mooi is, wanneer voor een beter zicht op oversturing het gedeelte van -6dB tot +3dB wat is "opgerekt". Hoe groter het oplossend vermogen (het aantal segmenten), hoe beter; 12 is een minimum, 18 is goed. Meestal is het 0-niveau gelijk aan het Dolby-niveau, overeenkomend met een bandmagnetisatie van 200pWb/mm. Afwijkingen horen in de specificaties van de recorder in kwestie te zijn vermeld.

Oppassen met limiters en automatische uitsturing

Alle technische verbeteringen ten spijt moet voor echte HiFi weergave liefst nog steeds met de hand worden uitgestuurd. Zelfs complexe uitsturingsautomaten hebben hun nukken. Om te

beginnen hebben ze hun eigen uitsturingsindicatie nodig. De elektronica moet precies weten, hoe groot de uitsturing is, vervolgens moet hij daarop reageren en een elektronische potentiometer zodanig draaien totdat het uitsturingsniveau klopt. Logisch, dat dit vrij problematisch is; dit soort schakelingen reageert vaak of te traag of juist te snel (en op verkeerde momenten, bv. tengevolge van een tik in een LP) en veroorzaakt extra vervorming.

In het algemeen weet de ALC (Automatic Level Control) beter raad met dynamiekarme popmuziek dan met dynamisch afwisselender klassieke- en jazz muziek.

Terwijl de ALC zonder benvloeding van buitenaf werkt, dient een begrenzer (Limiter) als een extra beveiliging tegen oversturing bij handmatige uitsturing. Hij dient om pieken mild te verzwakken en om grove fouten te voorkomen. Hij richt dus ook minder schade aan.

Zelfbias en wederkerige bias

Elk signaal dat naar de opnamekop gaat werkt als bias voor het op te nemen signaal, waarbij hoge frequenties natuurlijk meer invloed hebben dan lage. Het signaal fungeert zelfs als bias voor zichzelf, een verschijnsel, dat men zelfbias noemt. Voor signalen binnen de audioband is het effect gering. Niettemin vormt zelfbias een van de oorzaken voor de noodzaak om een hogere bias bij de hogere frequenties dan bij de lagere toe te passen.

Belangrijker is de invloed van de bias op de lagere frequenties van het audiosignaal door de HF inhoud van dat signaal. Elk gedeelte van het signaal, dat een frequentie heeft van meer dan vijfmaal van het LF gedeelte zal een volkomen effectieve biastoestand veroorzaken. De toename van de effectieve bias is de amplitude van het HF deel van het signaal. Al gaat het slechts om een gering gedeelte van de totaal toegepaste bias, is het genoeg om de biassituatie voor de lage frequenties te veranderen.

Bij een blik op de spectrumanalyse van een enkele sinusvormige 400Hz toon, op 0dB (DIN niveau - geen erg hoog niveau dus) opgenomen met een conventioneel deck en een gangbare bias, treedt bij 1200Hz een klein piekje tot -25dB op: de 3e harmonische vervorming, terwijl de 400Hz toon 1dB lager uitkomt.

Bij handhaving van dit signaal en toevoeging van HF witte ruis (een terts bij 15kHz op -30dB), blijkt de harmonische vervormingscomponent bij 1,2kHz 8dB te zijn verzwakt, terwijl de 400Hz toon uitkomt waar hij hoort: op 0dB. Dit is te danken aan de extra bias van het HF signaal. De 15kHz witte ruis is 4dB onder het ingangsniveau opgenomen omdat hij eigenlijk te hoog is voor deze frequentie. Het biaseffect van een deel van het op te nemen audiosignaal op datzelfde signaal heet wederkerige bias.

Gevoeligheid en frequentie responsie

Het niveau van het uitgangssignaal van de band bij een gegeven opnameniveau is een maat voor de gevoeligheid van de band. De

gevoeligheid is lang niet hetzelfde voor diverse bandsoorten en hij is zelfs niet gelijk voor alle frequenties van dezelfde band. Een ingangssignaal, dat met hetzelfde niveau voor het LF en HF deel op de band wordt vastgelegd, levert een verschillend uitgangssignaal voor die twee frequenties. Het niveauverschil tussen beide frequenties is deels een gevolg van het effectieve biasniveau voor die twee frequenties.

Verschillen in gevoeligheid bij verschillende frequenties kunnen tot aanzienlijke fouten van het frequentieverloop - n der belangrijkste parameters in audio - leiden. Wanneer eenmaal een geschikt biasniveau is gevonden, wordt het noodzakelijk om correcties aan te brengen voor verschillen in gevoeligheid van de band door de responsie van de opnameversterker aan te passen.

Een bekrachtiging van het hoog wordt tijdens opname ook op het signaal toegepast en een gestandaardiseerde verzwakking van het hoog bij weergave (van 70 of 120 μ s) om bandruis te onderdrukken.

Kantelpunten

In de audiotechniek worden de kantelpunten in microseconden en niet in Herz aangegeven, hetgeen verwarrend kan werken wanneer de leek niet weet, dat daarmee ook de frequentie van het kantelpunt wordt vastgelegd, zij het in reciproque vorm. De reciproque van de Hz is immers de seconde, gedeeld door een aantal. De formule voor deze omzetting luidt:

$$f = 1/2\pi RC$$

als we R in ohm M Ω en C in mF (of R in M Ω en C in pF) uitdrukken, is het produkt in ms. Dat produkt hoeft slechts op 159.000 te worden gedeeld om de frequentie van het kantelpunt te vinden. (Ezelsbrug: 400ms = 400Hz).

Sat het produkt van R en C een tijdsfactor oplevert, komt door de condensatorvergelijking ($Q = CU$), waarin Q in Coulomb voorkomt, C in Farad en U in Volt. Omdat een Coulomb een pakket elektriciteit van 1 Ampèreseconde vertegenwoordigt, blijkt bij deze vermenigvuldiging dat alle ampères en volts tegen elkaar wegvallen en slechts de seconden overblijven.

De responsie van de opnameversterker moet zodanig zijn, dat met een gegeven band en zijn gevoeligheid en met de standaard weergavecurve van die band tenslotte een recht frequentieverloop ontstaat.

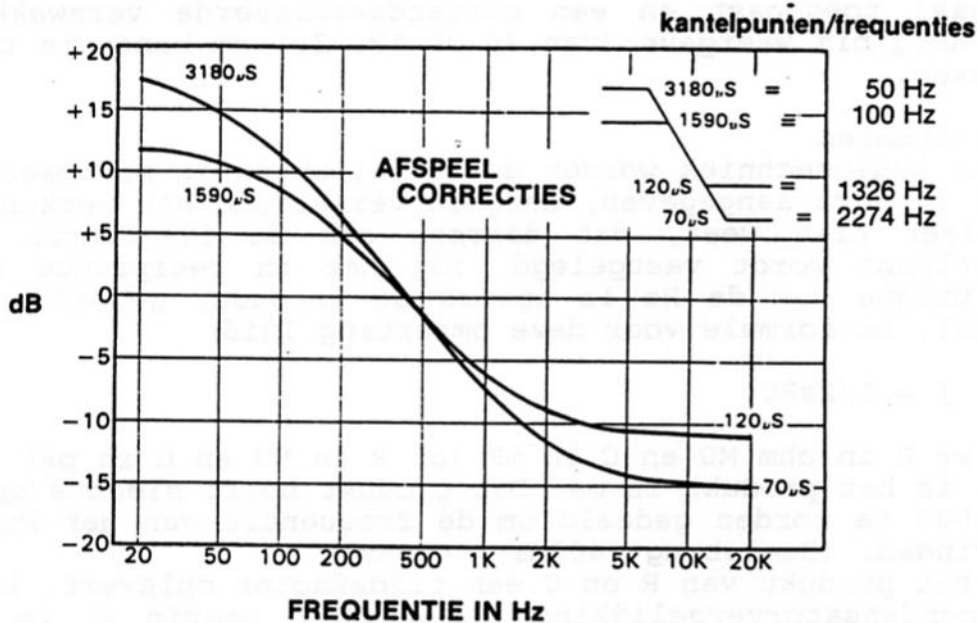
De opnamecurve heeft een typische hoogbekrachtiging, die preemphasis wordt genoemd. Wanneer de bias vanaf dit niveau wordt verhoogd zonder de preemphasis curve te veranderen, neemt de gevoeligheid in de hoge frequenties af, resulterend in een weergavecurve met een wegvallend hoog.

Equalisation (EQ): correctie bij weergave en opname

Correcties zijn noodzakelijk door de verschillende aard van het opname- en weergaveproces. Bij de opname wordt op de band

een wisselend magnetisch veld vastgelegd, dat in sterkte evenredig is met de signaalsterkte van het programma. Bij de weergave echter, is de in de weergavekop genduceerde wisselspanning evenredig met de snelheid van de verandering van het magnetisch veld, dat langs de kop trekt. De weergave heeft daarom een onverbidde nulpunt bij de frequentie nul; de recorder kan geen gelijkstroom weergeven. Gelijkstroommagnetisatie is slechts ruis.

De principiele tekortkoming van magneetband dat de magnetisatie bij constant gehouden opnamestroom met toenemende toonhoogte geringer wordt en dat dienovereenkomstig de hoge tonen in de opname- en weergaveversterker meer moeten worden bekrachtigd dan de lage heeft geleid tot normeringsafspraken. Dit effect wordt weliswaar succesvol bestreden met smallere kopspleten, maar vergt niettemin correctie.



De hoofdcorrectie is de weergavecorrectie en hoeft bij de cassetterecorder alleen te worden veranderd als van bandsoort wordt gewisseld (of als de recorder bij dubbele of halve snelheid kan werken).

Zonder enige correctie zou de weergavekarakteristiek van een recht signaal beginnen met een nulpunt bij 0Hz om op te lopen met een helling van 6dB/octaaf tot in de buurt van 2kHz. Daarboven gaan allerlei verliezen optreden, zodat de curve niet verder oploopt om tenslotte steil weg te vallen. Tenslotte wordt los van dit alles weer een nulpunt bereikt en wel bij die frequentie, waarvan de golflengte overeenkomt met de breedte van de kopspleet.

Uiteraard wordt alleen ingegrepen in het eerste, oplopende deel van de curve. De genormeerde curve begint te werken bij het kantelpunt 50Hz en loopt door tot kantelpunten in het hoog (1.326Hz voor klasse I en 2.274Hz voor klasse II).

De voornaamste afspeelverliezen worden veroorzaakt door

spleetverliezen omdat de kopspleet mechanisch niet zo goed kan worden gedefinieerd als elektrisch feitelijk nodig is. Hierbij komen nog de magnetische verliezen, die hun oorzaak vinden in het afnemen van het magnetisch veld naarmate de afstand tot de kop groter wordt en de frequentie toeneemt. Dan zijn daar de bandcontact- en band verliezen doordat de band niet te stevig tegen de weergavekop kan worden gedrukt en de spontane demagnetisatie, die ook met de frequentie van het programma en de hulpstroom toeneemt.

Omdat de correctie wordt gerealiseerd met RC netwerken en het produkt van R en C een tijdconstante (uitgedrukt in μs) oplevert, vond men hierin een maat om inzetpunt en flanksteilheid van de betreffende curve uit te drukken.

In de opnameversterker vinden alle verder nodig blijkende correcties - die aan het initiatief van de recorderfabrikant worden overgelaten - plaats. De curve kan bijvoorbeeld boven de 12,5kHz wat omhoog worden gebogen.

De rechte frequentie karakteristiek, die wordt verkregen door preemphasis voor alleen afzonderlijke frequenties toe te passen (d.w.z. onder statische sinusgolf omstandigheden) vindt men terug in de meting, die wordt gedaan voor het bepalen van het frequentieverloop in de specificaties. Zodra echter gewone audiosignalen worden opgenomen, bezit het signaal een breed spectrum en zijn die statische condities niet langer van kracht.

Wanneer dergelijke audiosignalen worden verwerkt met een recorder, die over slechts n vaste biasinstelling beschikt, wisselt de gevoeligheid voortdurend als resultaat van de wederkerige bias, afhankelijk van de hoogfrequente inhoud van het op te nemen signaal. Met de gevoeligheidsverandering verandert ook het frequentieverloop en de recorder vertoont niet langer de responsie, die hij bij meting met afzonderlijke frequenties geeft.

In de praktijk is het dynamische frequentieverloop onvoorspelbaar, een continu veranderende vorm als complexe functie van de bandsoort, de bias, de preemphasis en de frequentieverdeling binnen het audiosignaal.

Dergelijke dynamische veranderingen in het frequentieverloop gelden voor alle recorders, die met voormagnetisatie werken terwille van zo vervormingsvrij mogelijke opnamen.

De veranderingen in de responsie voor verschillende lage frequenties van een normaal rechte frequentie responsie als functie van de effectieve bias kunnen in curven worden getoond. Ze zijn het resultaat van de toepassing van een 15kHz toon op -10dB (ref. DIN niveau), gesuperponeerd op een lagere op te nemen frequentie. De bias, zoals deze wordt gezien door alle lagere frequenties, wordt effectief verhoogd tengevolge van het wederkerige biaseffect van het 15kHz signaal en het opnameniveau zakt met toenemende frequentie tengevolge van de verminderde gevoeligheid. Dit is daarom de frequentie responsie van een nominaal "rechte" recorder in aanwezigheid van wat geen al te hoog niveau aan hoge frequenties is.

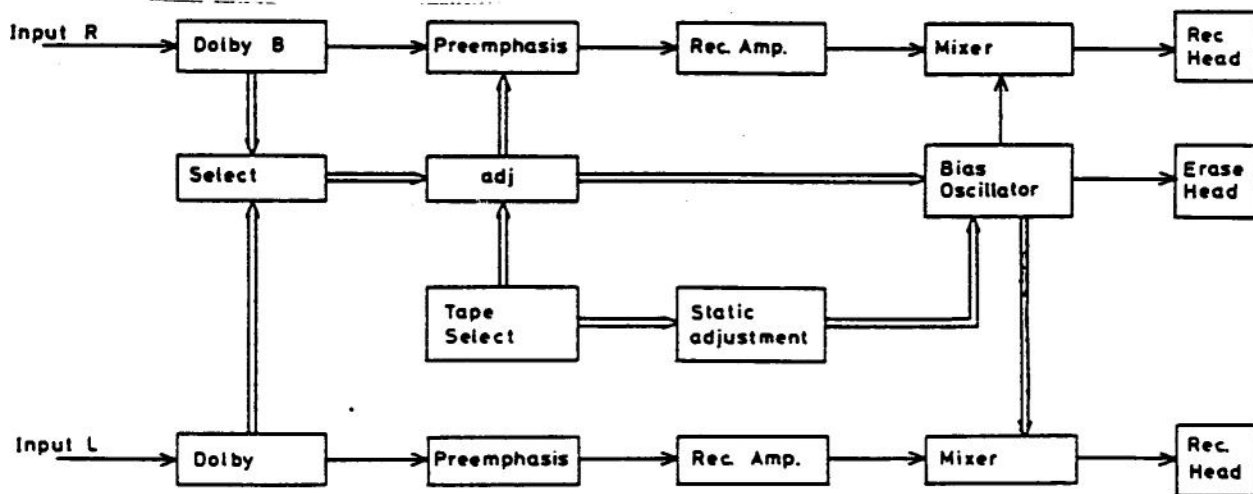
Dolby HX Headroom Expander

J. Selmer Jensen van Bang & Olufsen kwam met de oorspronkelijke gedachte achter HX Pro in een bijdrage aan de 70e AES Conventie in 1981. Dolby Laboratories had het Dolby HX systeem al in 1979 ontwikkeld als aanvulling op Dolby B ruisonderdrukking. De eindversie, Dolby HX Pro Headroom Extension genaamd, was het gevolg van de samenwerking tussen Dolby en B & O. Het fundamentele verschil tussen het oorspronkelijke Dolby HX systeem en het HX Pro systeem is, dat het eerste erop is gericht om de HF Headroom te maximaliseren, terwijl het tweede de zogenaamde "actieve bias" constant houdt met het oog op optimalisatie over het hele frequentiegebied.

Dolby HX werkt op basis van de simpele aanname, dat wanneer het biasniveau variabel wordt gemaakt om met hetingangssignaal mee te veranderen, het mogelijk wordt om de hogere frequenties op veel hoger niveau op te nemen, of met andere woorden om meer Headroom te geven aan die hogere frequenties. Vandaar de term Headroom Expander.

Tijdens weergave is geen enkele correctie nodig omdat het systeem er alleen voor zorgt, dat een klein deel van het binnenkomende signaal door de band wordt geweigerd tengevolge van verzadiging.

Het blokdiagram van Dolby HX ziet er zo uit:



Om de bias als functie van hetingangssignaal te kunnen veranderen, moet dat ingangssignaal eerst worden gemeten om de HF inhoud te bepalen. Een schakeling om dat te doen, is al aanwezig binnen de Dolby B NR module.

Deze schakeling genereert een spanning, die afhankelijk is van de sterkte en de frequentie-inhoud van het krachtiger ingangssignaal uit beide stereo kanalen. Het wordt gebruikt om de versterkers in de ruisonderdrukkingsschakeling te sturen. Het controlesignaal van de Dolby processor doorloopt een correctie schakeling, die de vereiste karakteristiek heeft om de bias

verandering te realiseren.

Waar dat controlesignaal ideaal geschikt is voor ruisonderdrukking, is het minder geschikt voor de regeling van de bias. Bovendien is het stuursignaal opgewekt zonder rekening te houden met de preemphasis curve, die het frequentieverloop van het signaal dat naar de opnamekop gaat bepaalt, nadat het voor Dolby ruisonderdrukking is bewerkt. Preemphasis verhoogt het aandeel hoge frequenties in het signaal nadat het de Dolby NR processor heeft doorlopen. Daarom verandert de frequentie responsie met de veranderende bias ook omdat de bandgevoeligheid gelijktijdig verandert.

Met deze foutaanpassing wordt handig afgerekend in het HX systeem door het stuursignaal in staat te stellen om de preemphasis tegelijk met de bias te veranderen. Bias en preemphasis houden elkaar zo in evenwicht en nadat de juiste sporing is ingesteld, is de opgenomen frequentie responsie mooi recht.

Alle recorders hebben een juiste instelling van het biasniveau en de preemphasis nodig op basis van de gebruikte bandsoort. Bij een conventionele recorder moeten bias en preemphasis worden aangepast aan een bepaalde bandsoort volgens een door de fabrikant of de gebruiker bepaald compromis. In de praktijk werkt een recorder met Dolby HX als een conventionele machine; de bias is ingesteld als is er geen sprake van HX.

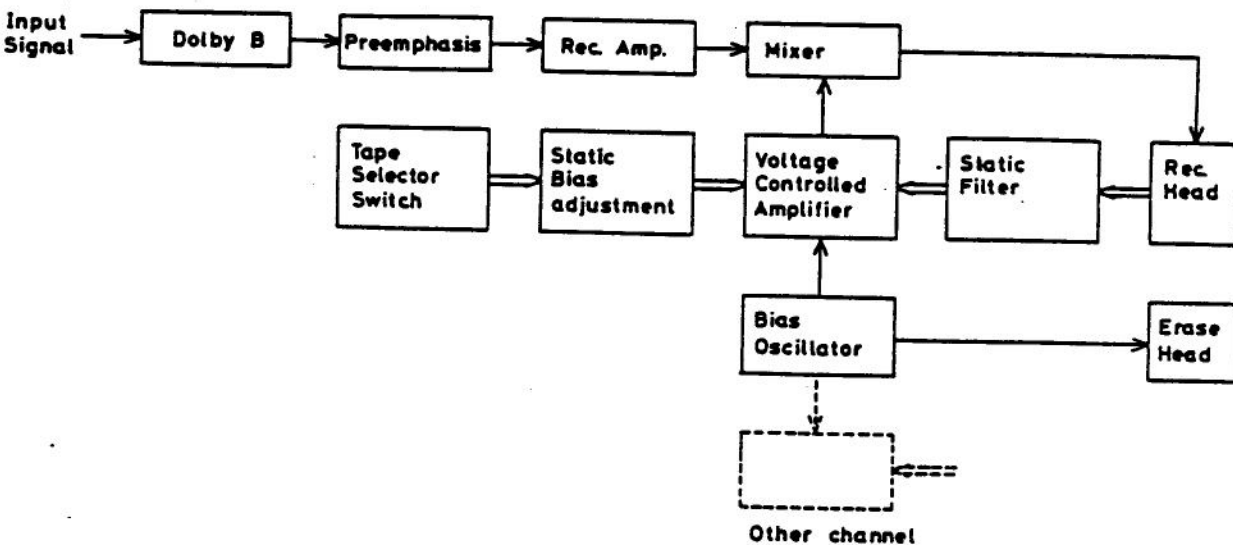
Met de hand of automatisch kan de bias worden omgeschakeld voor de diverse bandsoorten. Met Dolby HX uitgevoerd, bevat de schakelaar een aanpassing voor de noodzakelijke veranderingen van HX. Bovendien moeten bij gebruik van HX de diverse stuurschakelingen worden aangepast, zodat de biaswijzigingen kloppen met de veranderingen in de preemphasis. En dat niet slechts om een zo recht mogelijk frequentieverloop te realiseren, maar ook om het maximum effect met het HX systeem te bereiken.

Eenmaal correct gecomplementeerd en afgeregeld op de recorder en de gebruikte bandsoort levert Dolby HX een substantiele verbetering van de prestaties van de band, speciaal van ijzer-oxyde band en daar waar het gaat om ver uitgestuurde hoge frequenties te verwerken. Als de band zelf al erg goed hoge frequenties aankan, is het resultaat wat minder.

Dolby HX Professional

Zoals al werd opgemerkt, was het Deense doel een ander dan het Amerikaanse, al zijn de uitgangspunten hetzelfde. Bij HX ging het er vooral om het maximum niveau waarmee hoge frequenties op de band kunnen worden vastgelegd te verhogen. HX Professional had tot fundamenteel doel de actieve bias constant te houden. Actieve bias kan worden beschouwd als de effectieve bias, gezien bij elke frequentie uit het audio spectrum. Zodoende zullen alle parameters, die worden beïnvloed door een verandering van de bias onder statische omstandigheden worden gestabiliseerd onder dynamische omstandigheden tijdens opname.

Zo zag men bijvoorbeeld eerder al, dat het frequentieverloop dynamisch verandert als gevolg van de hoogfrequente inhoud van het audiosignaal. Hoge frequenties veranderen de actieve bias voor lagere frequenties, die op hun beurt de bandgevoeligheid voor verschillende frequenties veranderen. Daarom verandert de frequentie responsie van de recorder continu afhankelijk van de signaal input. Wanneer echter de actieve bias voor alle frequenties uit het audiosignaal constant kan worden gehouden, dan treden geen dynamische fluctuaties in de frequentieresponsie op.



Blokschema van Dolby HX Pro

Dolby HX Professional lijkt op Dolby HX omdat beide systemen de amplitude van het biassignaal van de bias oscillator veranderen, maar de reden waarom dat gebeurt zowel als de methode om het te bereiken zijn verschillend. Dat HX Professional beide doeleinden samen verwezenlijkt, is mooi meegenomen.

HX Professional heeft een paar andere voordelen t.o.v. HX, vooral wat de flexibiliteit betreft en de universele toepassing. Het is met recht een "dedicated" systeem, werkt onafhankelijk van Dolby NR en alle andere elektronische schakelingen uit de recorder. Het leent zich voor professioneel gebruik en voor consumenten artikelen.

Hierboven is een blokschema van HX Professional geschetst, waarin de basisprincipes naar voren komen. In tegenstelling tot bij HX, waar het audiosignaal wordt gemeten en vervolgens de vereiste bias compensatie wordt berekend, meet Dolby HX Professional de som van het audiosignaal, inclusief alle gevolgen van 'processing' plus de bias aan de opnamekop.

Het signaal van de opnamekop gaat naar een processor, die simpel, maar nauwkeurig werkt als passief filter. Nadat het filter het signaal heeft gewijzigd wordt het in een spannings-geregelde versterker tot een regelspanning versterkt, die een exacte kopie is van het totale biaseffect van het behandelde

audiosignaal plus de bias aan de opnamekop ofwel de actieve bias. De filterkarakteristiek is uitsluitend afhankelijk van de parameters van de opnamekop en de daaraan gekoppelde opnameschakeling.

De meting aan de opnamekop garandeert, dat deze altijd een nauwkeurige weergave is van de flux over de luchtspleet van die kop, ongeacht de signaalsterkte en de behandeling, die het signaal vooraf onderging. Ook wordt zo rekening gehouden met de statische bias instelling voor de gebruikte bandsoort. Zo zal in het normale geval bijvoorbeeld het audiosignaal al een behandeling met Dolby NR en preemphasis hebben ondergaan en gemengd zijn met het bias signaal.

Met al deze processen en signalen wordt zorgvuldig rekening gehouden wanneer de regelspanning voor de biascompensatie voor Dolby HX Professional wordt bepaald. Deze regelspanning wordt vergeleken met een referentiespanning, die kan worden aangepast aan de statische bias, die nodig is voor de gebruikte bandsoort; daarna wordt een correctiesignaal gebruikt om de spanningsgestuurde versterker aan te passen; deze verandert de amplitude van het biassignaal dat aan de opnamekop wordt geleverd zodat deze het vereiste niveau heeft om een constante actieve bias mee te geven aan het op te nemen signaal.

Hieruit blijkt meteen, dat het systeem, eenmaal juist ontworpen en afgeregeld, geen verdere aanpassing en correcties nodig heeft voor welke bandsoort of vorm van signaalbehandeling dan ook.

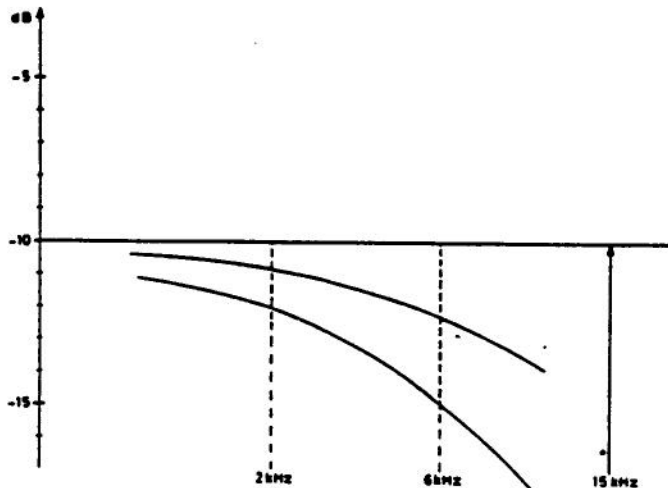
Omdat met Dolby HX Pro de biasveranderingen zodanig worden gerealiseerd, dat alle frequenties worden onderworpen aan constante actieve bias, onafhankelijk van de mate aan hoge frequenties, die het audiosignaal bevat, wordt de mate van verandering, die in de frequentieresponsie optreedt tengevolge van gevoeligheidsfluctuaties ook meteen drastisch minder. Dat blijkt eens te meer uit de onderstaande afbeelding, waarin de onderste van beide curves de responsie weergeeft met HX Pro, terwijl de bovenste geldt voor een standaard machine.

Bovendien hoeft de preemphasis curve niet te worden aangepast omdat de effectieve bias constant blijft. HX Pro kan niet alleen met en zonder Dolby B en C ruisonderdrukking worden toegepast, maar met elk ander vergelijkbaar systeem zonder aanpassingen of wijzigingen.

Een ander pluspunt is, dat HX Pro volkomen onafhankelijk in beide stereokanalen werkt. Kanaalsgewijs wordt de optimale bias gekozen ook al heeft het audiosignaal in n der kanalen een volkomen ander karakter.

De winst van een HX Pro recorder ten opzichte van een standaard dito blijkt uit de curven op de volgende bladzijde, waaruit blijkt, dat wanneer de verandering van bias zodanig wordt gemaakt, dat alle frequenties constant onderhevig zijn aan actieve bias (onafhankelijk van het aandeel hoge frequenties in het audiosignaal) de mate van verandering van het

frequentieverloop tengevolge van verandering in gevoeligheid aanzienlijk wordt verminderd. De onderste curve is gemaakt met HX Pro, de bovenste geldt voor een standaard recorder.



De IEC norm

Normen zijn zelfopgelegde regels. Dat geldt ook voor de IEC norm 94 voor compact cassettes. Deze moet de wereldwijde uitwisselbaarheid van die cassettes regelen. Het scheppen van orde en duidelijkheid was dringender geboden nadat in de jaren zeventig een ware wildgroei in bandsoorten was ontstaan. In principe ging het om vier basistypes: gamma ijzeroxyde, chroomdioxyde, ferrochroom en zuiver ijzer of metaal. Maar ook binnen die groepen was chaos ontstaan. Alles met de nobele bedoeling om de hard- en software op cassettegebied HiFi waardig te maken.

Mechanisch was alles bij het oude gebleven, al waren er wel verbeteringen in de behuizing en de bandgeleiding, maar de elektro-akoestische eigenschappen van de verschillende fabrikanten waren enorm uit elkaar gegroeid. In die tijd bestond nog een hevige strijd tussen fabrikanten van Europese, Japanse en Amerikaanse herkomst. De uitwisselbaarheid kwam gehoormatig in gevaar en de meeste recorders leverden alleen nog goede resultaten met de bandsoort, waarop ze waren ingeregeld.

Gelukkig is het tot duidelijke normering gekomen en werden ook referentiebanden vervaardigd als meettechnisch uitgangspunt. We onderscheiden vier categorieën:

		Bias	EQ
IEC I	gamma ijzeroxyde (Fe_2O_3)	100%	120 μs
IEC II	chroomdioxyde en chroomsubstituut (CrO_2)	150%	70 μs
IEC III	ferrochroom (FeCr)	110%	70 μs
IEC IV	metaal (Me)	200%	70 μs

Klasse I, gamma ijzeroxyde is wat in de wereld van de spoelen-

recorder LH (Low Noise/High Output) heet. Een verbeterde kristalstructuur van de magneetdeeltjes met een gunstiger lengte/breedteverhouding bracht een vermindering van de bandruis en een hogere uitstuurbaarheid met zich mee. Ooit was er ook nog EE (van Extra Efficiency) band.

Een aanvulling en verbetering vormde de ferrikobalt band, waarbij de ijzeroxydedeeltjes met kobalt werden gedoteerd: omgeven door een uiterst dun kobalthuidje. De bias blijft hetzelfde.

Klasse II, chroomdioxyde werd ontwikkeld, omdat met de aanvankelijke ijzeroxyde banden geen goede HiFi kwaliteit mogelijk bleek. De chroomdioxyde partikeltjes bezitten namelijk van nature de vrijwel ideale vorm van magneetpigment, namelijk de staafvorm. Dat zorgt voor een betere uitstuurbaarheid en een grotere gevoeligheid voor hoge frequenties. Maar ook de veldsterkte van de corciviteit is over een breed scala variabel. In den beginne haalde men met chroomband al dezelfde geluidskwaliteit, die met ijzeroxydeband pas bij dubbele bandsnelheid (9,53cm/s) werd gehaald.

Chroomdioxyde banden vereisten op de recorder wel aparte instellingen voor de opname- en weergavecorrectie en een duidelijk hogere (1,3-voudige) voormagnetisatie- en een 35-40% hogere wisstroom omdat de corciviteit groter is dan bij ijzeroxydeband. Bij 8kHz moet de versterkingsfactor van de opnameversterker tot de helft worden teruggebracht, omdat de gevoeligheid van de band hier zoveel groter is. De HF eigenschappen zijn beter dan bij klasse I, de LF eigenschappen daarentegen zijn minder goed. Met name het hoog klinkt doorzichtiger.

Behalve echte chroomdioxydeband kwamen ook chroomsubstituut banden in omloop, vooral in het Verre Oosten, waar men niet bereid was de licentierechten aan patenthouder Du Pont te betalen. Het gaat om kobaltdoping, een soort verrijking, waarbij kobalt ionen tot een bepaalde diepte in de CrO_2 partikels worden geschoten. De coërciviteit wordt daardoor wat hoger dan bij chroom (ca. 450 Oersted), de output wordt wat groter, de vervorming wat geringer, de hoogweergave iets feller.

De aanvankelijk voorkomende grotere kopslijtage met chroomband is succesvol bestreden, de doordrukdemping en de met de tijd verminderd goede hoogweergave ook deels.

Klasse III, ferrochroom, is intussen in onbruik geraakt. De bedoeling was een ideaal compromis te realiseren tussen ijzeroxydeband met zijn heel goede LF eigenschappen en chroomband met dito voortreffelijke HF eigenschappen. Daartoe werd een sandwichband ontwikkeld, die op de polyester drager eerst een laagje ijzeroxyde bevat, dat op zijn beurt is afgedekt met een laagje chroomdioxyde. Bij opname gedraagt het zich als ijzeroxydeband, bij weergave als chroomdioxyde. Voor recorders, die van nature een zwakke hoogweergave hadden, was FeCr een uitkomst.

Klasse IV, metaalband. IJzeroxyde- en chroomband kunnen minder magnetische energie opslaan dan zuiver ijzer: niets nieuws. Het wachten was op de mogelijkheid om dat ijzer in massafabricage in de juiste naaldvormige verdeling te kunnen produceren en het ongeoxydeerd in dunne magnetische lagen te kunnen aanbrengen. Dat is gelukt en omdat metaalband ook in de video-wereld graag om dezelfde reden graag wordt gebruikt, moeten wel zelfs onderscheiden tussen metaalpartikel (MP) en opgedampte metaalband (ME voor Metal Evaporated).

Deze bandsoort heeft in vergelijking met klasse I en II banden bij 315Hz een 3 4dB hogere uitstuurbaarheid, bij 10kHz wordt deze 6dB beter en bij 20kHz zelfs 10dB. Een hogere uitstuurbaarheid betekent een grotere luidsterkte bij dezelfde geluidskwaliteit. Dat is een nuttige verbetering! Met name instrumenten met een overdaad aan hoog (slagwerk, klokken, synthesizers) klinken beter. Ook het kopieereffect is geringer dan bij andere bandsoorten; de homogeniteit van de gevoelige laag is groter, dus treden ook minder drop-outs op. De kopslijtage is bij gebruik van Me band niet groter dan anders.

Bandlengte- en dikte als kwaliteitscriterium

De belangrijkste eigenschap van het bandmateriaal is naast het type magnetiseerbaar materiaal de dikte van de band. Die dikte bepaalt immers, hoeveel band er op een spoel of cassettekoppel gaat. Hoe dunner de band, des te minder is hij magnetiseerbaar, dus uitstuurbaar en des te makkelijker treedt het pre- of postecho's veroorzakende doordrukeffect op. Des te kwetsbaarder wordt hij ook in mechanisch opzicht. De bandloop wordt minder strak, er treedt meer jitter op, er ontstaat makkelijker bandsla. Daar staat slechts één voordeel tegenover: het band/kopcontact wordt beter.

Oorspronkelijk werd voor studio recorders dikke band gebruikt met een drager van 30 of 37 μ m en een emulsie van 13 μ m. Nadat amateur recorders in zwang kwamen, verschenen ook langspeelbanden met diktes van 20 en 13 μ m, gevolgd door dubbelspeel met 14/12 en tenslotte triple play met 12/6.

De cassette gaat uit van laatstgenoemde ontwikkeling voor de C-60 band met 85,5m lengte. De C-90 cassette heeft 8 en 4 μ m, de C-120 6 en 3 μ m. Eventueel komt daar voor de coating van de achterzijde nog 2-7 μ m bij.

Cassettebanden worden geleverd in met een C aangeduide speelduren van 30, 46, 60, 90, 100, 120 en 180 minuten. Het beste is zich aan C 60, 90 en 100 te houden. Grotere lengtes zijn in mechanisch opzicht kwetsbaarder, omdat ze dunner zijn en ook de bandgeleiding zwaarder op de proef stellen. Hun elektromagnetische eigenschappen blijven vaak wat achter. Metaalband is vooral zinvol als het om eigen "live" opnamen met een capabel deck gaat.

Het verdient aanbeveling om goedkope aanbiedingen te omzeilen. Vroeger werd zelfs wel versneden computerband op cassette aangeboden. Bij inferieure soorten kan ook extra kopslijtage optreden.

Aanduiding bias en EQ en de afregeling van de recorder

De aanduidingen voor de biasstroom en de opname/weergavecorrectie (EQ voor Equalisation) staan als regel op de cassette vermeld.

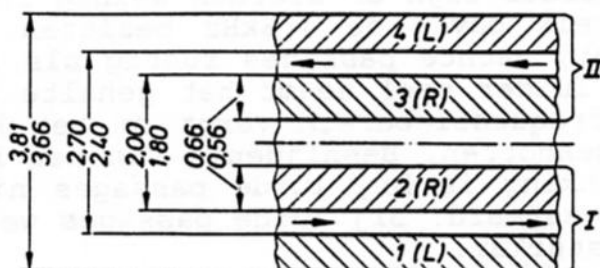
Elk zichzelf respecterend cassettedeck bezit tegenwoordig een automatische omschakeling tussen de diverse bandsoorten. Deze wordt gestuurd aan de hand van de codering, die de uitsparingen op de rug van de cassette leveren.

Menige recorderfabrikant geeft in de bij het apparaat behorende gebruiksaanwijzing nader aan, welke bandsoorten men liefst moet gebruiken. Navraag kan eventueel leren, op welke bandsoort het apparaat is ingeregeld. Wie al een grote voorraad andere waardevolle banden van een ander merk en soort heeft, kan de service afdeling van de importeur in kwestie altijd vragen om de recorder daarop af te regelen.

Sommige betere recorders bezitten een automaat, die in een ongeveer 20s durende procedure de recorder inregelen op het gebruikte bandje. Andere, nog duurdere en betere machines bieden al dan niet automatisch de mogelijkheid om HX Pro, het Dolby niveau en de EQ in te regelen aan de hand van het bandje in kwestie.

Spoorconfiguratie

De compact cassette begon zijn leven als mono registratiehulp.



Dat betekende met voldoende tussenruimte (0,8mm) een spoortje van 1.5mm "heen" en een dito "terug". Voor stereo werd elk monospoor in tweeën verdeeld (2x0,6mm met 0,3mm middenberm).

Ruisonderdrukking

Net als de Edison rollen ooit alleen bedoeld als dicteerapparaat heeft het cassettedeck het dankzij de ontwikkelingen van bandsoorten, loopwerken en elektronica tot een verrassend, HiFi-waardig kwaliteitsniveau gebracht. Eén van de knelpunten is altijd een voldoende dynamisch bereik (van tenminste 80dB) gebleven.

Omdat de bovengrens van de bandmagnetisatie een vast gegeven is, komt dynamiekverbetering haast altijd neer op het wegwerken of onhoorbaar maken van achtergrondruis. Men onderscheidt passieve en actieve ruisonderdrukking. De eenvoudigste passieve vorm is natuurlijk gebruikmaking van de hoge tonen regeling of een hoog-af filter. Maar zo wordt feitelijk met het badwa-

ter ook het kind weggegooid. DNL was de enige redelijke passieve vorm.

Aanleiding genoeg om te zoeken naar actieve vormen van ruisonderdrukking en dynamiekexpansie. Voorbeelden daarvan zijn bekend uit de LP wereld (RIAA correctie) en de FM stereo radio wereld (pre- en demphasis van 50 μ s). Twee systemen van hoogbekrachtiging bij opname/uitzending, gecompenseerd door hoogverzwakking bij weergave.

In de consumentenelektronica zijn momenteel Dolby B en C ruisonderdrukking het meest verbreid. Ook Dolby S vindt meer en meer ingang. De A en SR varianten spelen daar geen rol. Daarnaast zijn bij cassettedecks nog DNL, dbx en High-Com in zwang geweest.

DNL (Dynamic Noise Limiter)

is het oudste en primitiefste systeem, destijds door Philips bedacht. Uitgaande van het feit, dat bij de lage bandsnelheid van cassettes de bandruis een hinderlijk bijverschijnsel vormt, dat niet geheel uit de wereld kon worden geholpen met Low noise- en chroomband en dat vooral in zachte muziekpauzes en zachte passages stoort, ontwikkelde men een actieve ruisbegrenzer, die boven de 4kHz werkzaam is.

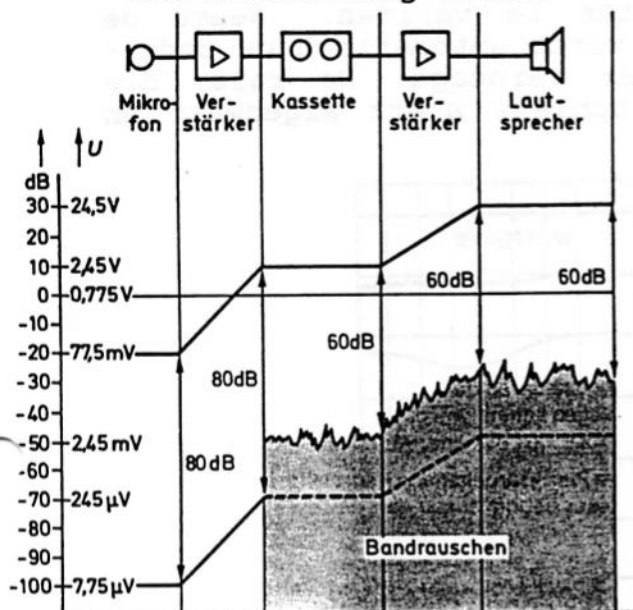
Men heeft vastgesteld, dat akoestische muziekinstrumenten zolang ze zacht spelen vooral grondtonen en bijna geen boven-tonen afgeven. Verder zijn er slechts weinig instrumenten, die een grondtoonbereik boven de 4,5kHz bezitten. Daarom kan de DNL schakeling bij zachte passages rustig als Low Pass filter werken. Pas bij luider spel neemt het gehalte boventonen toe, wat een ruimer frequentiebereik vergt om het karakter van de muziek niet te beknotten. Besnijdenis van het hoog in de vorm van ruisonderdrukking is bij luide passages niet nodig omdat de ruis wordt gemaskeerd. Bij luide passages werkt DNL dus als breedbandige versterker.

Om aan deze voorwaarden te voldoen laat men het aankomende signaal via twee parallelle kanalen lopen. Het ene kanaal versterkt frequentie-onafhankelijk, het andere bevat een 3e orde High Pass filter. De optelling van beide kanalen zorgt, dat het frequentieverloop eruit ziet als van een 3e orde Low Pass filter (18dB/octaaf of 60dB/decade). Zo wordt de ruis bij het ontbreken van hoge signaalfrequenties flink onderdrukt.

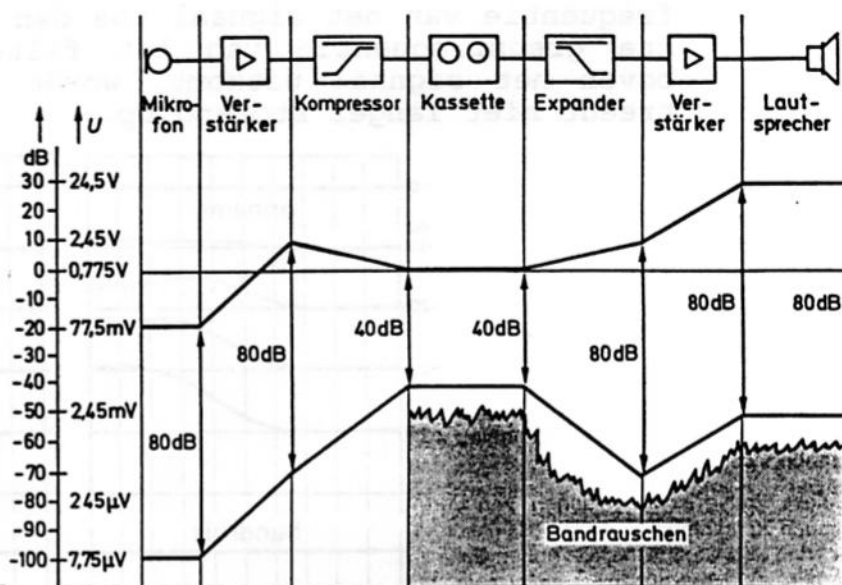
Wanneer evenwel hoge signaalfrequenties van muzikale betekenis optreden, moet de filterwerking van de schakeling worden opgeheven, zodat dit signaal ongestoord kan passeren. Via een High Pass kanaal tussen de ene versterker en een permanente verzwakker is daarom een variabele verzwakker opgenomen, die door de voorhanden signaalamplitudes wordt gestuurd.

De variabele verzwakker werkt als volgt: is de amplitude van hetingangssignaal klein, dan oefent hij geen dempende werking uit en werkt het geheel als steil Low Pass filter. Wanneer de ingangssignalen krachtiger worden en het aandeel hoge frequenties groter wordt, dan oefent de verzwakker maximale demping uit. Nu wordt het bovenste kanaal geblokkeerd, zodat de hele schakeling als "All Pass" werkt en het hele frequentiebereik

ter beschikking staat.



Bandruis beperkt de dynamiek



Ruisonderdrukking

Dolby B

Het was Ray Dolby, die in het begin van de jaren zeventig de compact cassette een stuk HiFi waardiger maakte. Met een elektronische truc kreeg hij het voor elkaar om het storende ruistapijt van de smalle, langzaam lopende magneetband ongeveer 8dB te laten zakken.

Het Dolby B ruisonderdrukkingssysteem is een vereenvoudigde versie van Dolby A (dat in vier banden werkt tegen slechts twee bij B). Het voldoet aan minder strenge criteria; daarom worden alleen frequenties boven de 500Hz behandeld.

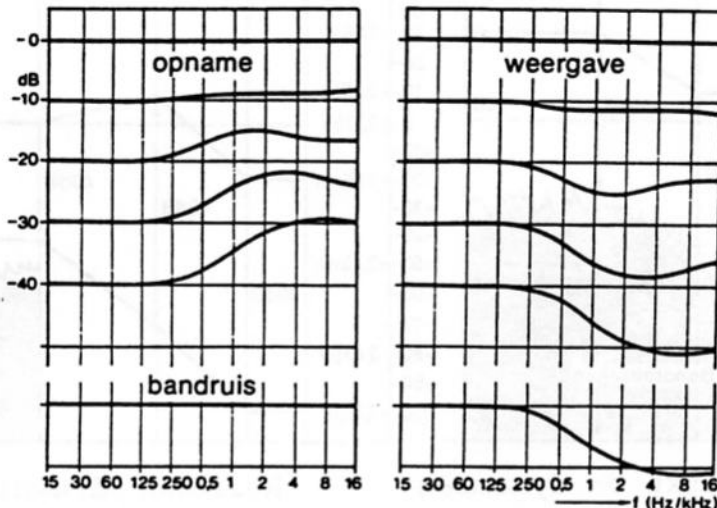
Het signaal wordt bij opname en weergave telkens gesplitst. In de hoofdtak wordt het signaal lineair doorgegeven, d.w.z. lineair qua versterkingsfactor, frequentie- en faseverloop. In de neventak doorloopt het signaal eerst de Dolby compander, die als dynamisch High Pass filter kan worden opgevat. Hoogfrequente signaalaandelen worden uit hetingangssignaal gefilterd en naar hun niveau gewogen. Lage niveau's worden versterkt, signalen met een hoog niveau blijven vrijwel onveranderd. De spanningen van de neventak worden vervolgens weer in fase bij die uit de hoofdtak gevoegd.

Bij weergave worden de signalen in spiegelbeeld in de neventak verwerkt. Hier wordt die neventak door de uitgang gestuurd. De signalen uit de neventak worden met negatieve fase bij die uit de hoofdtak opgeteld.

Uitgangspunt is opnieuw, dat de ruisaandelen in de midden- en hoge frequenties in de neventak het storendst zijn. De schakeling beïnvloedt daarom het frequentiebereik tussen de 500 en 15.000Hz. De schakeling werkt met een niveau-afhankelijk High Pass filter met variabele grensfrequentie.

Men kan de onderste grensfrequentie van een High Pass filteren

door de weerstand van een CR keten te variëren. Neemt de frequentie van het signaal toe dan wordt automatisch de onderste grensfrequentie van het filter verhoogd. De ruis, die boven het signaal uitkomt, wordt opnieuw sterk afgezwakt en treedt niet langer storend op.



Een dergelijk ruisonderdrukkingssysteem heet wel een Sliding-Band (glijdende band) systeem omdat de grensfrequentie van het High Pass filter afhankelijk van het niveau wordt verschoven. Maar het nieuwe wondermiddel had ook bijwerkingen. Gehoormatig bleek, dat met name krachtige impulsen in de hoge tonen, die toch al zo moeilijk te verwerken waren nog meer werden opgeslokt. En gedurende muziekpauzes was de bandruis nog hoorbaar.

Dolby C

Daarom werd aan het begin van de tachtiger jaren het Dolby C systeem geïntroduceerd. Dit systeem voorkomt verzadigingsverschijnselen in het hoog, reduceert de ruis in de middenfrequenties drastischer en breidde zijn invloedssfeer in het laag verder uit van 400Hz tot 200Hz. De winst aan ruisonderdrukking bedraagt opnieuw 8dB. Dolby C ruisonderdrukking lijkt veel op Dolby B, alleen werkt Dolby C ook voor de lage frequenties en is de comprimerende/expanderende werking krachtiger. Dolby C berust namelijk op een verwerkingsprincipe, dat van twee niveau's uitgaat. In dit "Dual-Path" systeem werken twee regeltrappen met verschillende bandbreedtes en verschillende gevoeligheden wat de inzetdrempel aangaat in een quasi serie-schakeling. Elk van die trappen zorgt voor ca. 10dB ruisonderdrukking voor frequenties boven 1kHz, wat in totaal voor zo'n 20dB winst t.o.v. Dolby B zorgt.

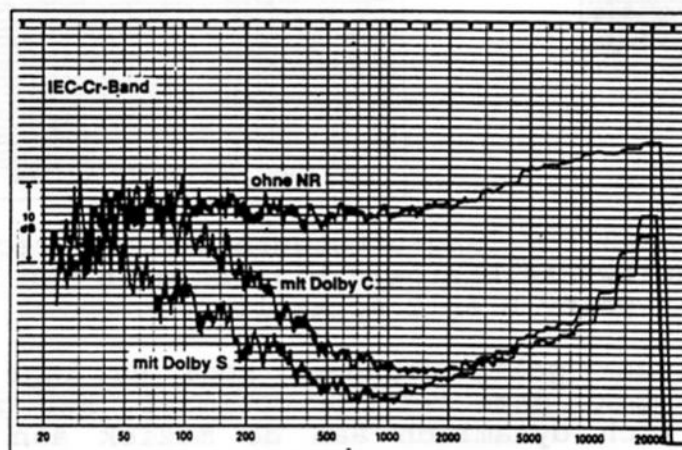
Omdat de signaalverwerking - compressie bij opname en expansie bij weergave - over twee trappen is verdeeld, kan elke trap optimaal in zijn gebied werken.

Tegelijk werd bij Dolby C gezorgd voor een schakeling, die de verzadiging van de band in het HF gebied tegengaat. Codeer- en decodeerfouten worden tot een minimum beperkt.

Uitwisselbaarheid

Een belangrijk punt is de uitwisselbaarheid van Dolby B en C. Die geeft helaas wel wat problemen. Terwijl in HiFi cassette-recorders Dolby C standaard is, heeft de muziekindustrie nooit ingehaakt: musicassettes zijn er alleen met Dolby B. En ook in auto radiorecorders en Walkmanachtigen vond Dolby C nauwelijks of niet ingang. Dolby B opnamen kunnen niet zonder kwaliteitsvermindering en klankvervalsing via Dolby C worden weergegeven; beide systemen zijn niet echt uitwisselbaar. Dolby C opnamen klinken daarentegen redelijk aangenaam via Dolby B. Dit uitwisselbaarheidsprobleem was de belangrijkste reden, dat het Dolby S systeem aan het begin van de jaren negentig werd ontwikkeld. Bedoeling was onder meer ervoor te zorgen, dat Dolby S opnamen bij weergave als Dolby B materiaal behoorlijk klinken. En natuurlijk hoopte men opnieuw was dynamiekwinst te boeken. Maar daar is de rek wat uit, want in de middenfrequenties, waar de oorgevoeligheid het grootst is, werkt Dolby S nauwelijks effectiever als Dolby C.

Dolby S



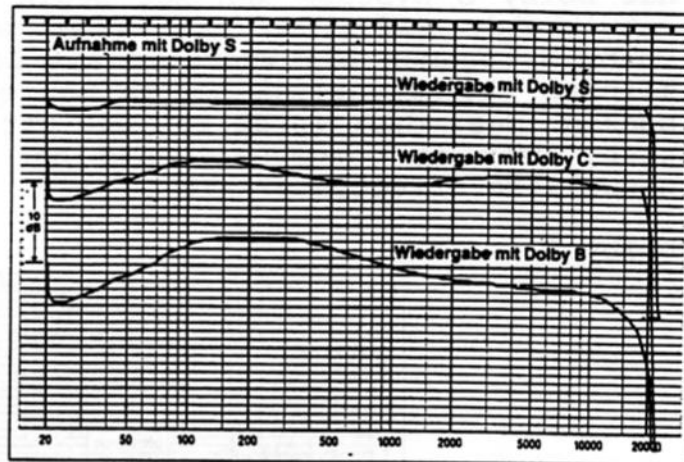
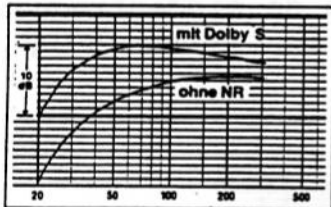
Ook met zijn nieuwe S-compander bleef Ray Dolby zijn grondprincipe trouw: ruisonderdrukking alleen dan, als het echt nodig is en met zo min mogelijk manipulatie van het signaal. Daarom werkt de S-compander net als zijn familieleden A, B, C en SR volgens het principe van de additieve signaalcompressie. Bij multiplicatieve systemen als High Com, dbx en adres doorloopt het hele signaal een spanningsgestuurde versterker (VCA), waar het niveau-afhankelijk wordt versterkt of verzwakt. Dolby ruisonderdrukking werkt evenwel tweesporig met een hoofd- en neven signaalweg.

De compressie bij opname vindt plaats door signaaltoevoeging; het onbeïnvloede hoofdkanaal krijgt er in een opteltrap de door het audiosignaal gefilterde neveninformatie bij, wat een doelgerichte niveaubekrachtiging in bepaalde frequentiebereiken mogelijk maakt.

Bij weergave wordt het aan opnamekant toegevoegde signaal weer afgetrokken, waardoor ook meteen de bandruis in het door het

filter bewerkte bereik mee wordt verzwakt. Daarom heten Dolby systemen ook wel "glijdende band" (Sliding Band) companders, omdat het filter in de neventak afhankelijk van het niveau en het muziekspectrum zijn grensfrequentie verandert. Bij hoge signaalniveau's, die de bandruis toch al maskeren, schuift de grensfrequentie van het filter helemaal naar boven, er vindt dan geen compressie plaats omdat de neventak geen signaal aan de hoofdtak levert.

Hoge frequenties in het audiosignaal bewerkstelligen hetzelfde: ze worden ook niet of nauwelijks gecomprimeerd, omdat het filter de hoge tonen krachtiger weegt om verzadiging van de band te voorkomen.



Links: winst in laag-uitstuurbaarheid; rechts: betrekkelijke onuitwisselbaarheid bij weergave van Dolby S materiaal via Dolby B en C schakeling.

Bij een ongeveer gelijk aandeel hoge en lage tonen in het audiosignaal werkt deze methode optimaal. Het glijdende bandfilter past zich dynamisch aan de muziek aan en onderdrukt ruis alleen daar, waar deze niet zelf al door het signaal wordt gemaskeerd.

Een solo aangeslagen triangel duwt bijvoorbeeld de grensfrequentie van het glijdende band filter ook naar boven. Omdat zijn klankspectrum echter alleen hoogfrequente aandelen bevat, vervalt, ontbreekt nu echter het maskeringseffect door de lage frequenties. Genadeloos worden nu alle midden- en laagfrequente ruisaandelen blootgelegd en ze zijn als ruisslierten te horen tot de triangelklank is uitgestorven. Een effect, dat van bv. dbx bekend is.

Het is juist daar, dat Dolby S aangrijpt. Door een gewiekste combinatie van vaste en glijdende band filters onderdrukt de S-compander ook het ruisaandeel, dat onder de aangeslagen triangel ligt.

Om vervorming tengevolge van de compressie-overshoot te vermijden, verloopt de signaalcompressie bij Dolby S binnen twee niveaubereiken. De trap voor de hoge niveau's bewerkt signalen tot -25dB. Een vast filter comprimeert frequenties onder de 200Hz 10dB, terwijl boven de 400Hz een combinatie van een vast

en een glijdende band filter het signaal 12dB bekrachtigt. Dezelfde filtercombinatie zorgt in de daarop volgende lage niveau trap, die signalen tot -50dB verzorgt, voor een extra compressie van nog eens 12dB boven de 400Hz.

Op deze manier reduceren drie vaste en twee glijdende band filters de ruis in de lage frequenties 10dB en in de midden plus hoge frequenties 24dB. Een verzwakking van de bas tijdens opname voorkomt verder oversturing van de band in het laag. Op vergelijkbare manier werkt voor de hoge tonen aan "Anti Saturation" schakeling.

In de middenfrequenties bestaat de dynamiekwinst t.o.v. Dolby C uit ongeveer 2dB, de grote winst zit hem in de lage frequenties: onder de 200Hz verloopt de S-curve ongeveer 10dB onder de C-curve.. Bovendien kunnen die lage frequenties vervormingsvrij een stuk verder worden uitgestuurd, wel 10dB bij 20Hz. Fijn voor orgel- en popmuziek.

Minstens zo belangrijk is, dat deze ingrepen niet gepaard gaan met bijverschijnselen als ruisademen of verkleuring.

Maar de uitwisselbaarheid is opnieuw dubieus. Met Dolby S opgenomen cassettes kunnen niet zonder klankvervalsing en gecompriëerde dynamiek met Dolby B en C worden weergegeven. De lage tonen lijden aan vervetting, de hoge worden verzwakt. De onherroepelijk ontstane bekrachtiging van het presencegebied zal door menigeen als aangenaam worden ervaren. Zeker bij gebruik van radiorecorders en autoradio/cassettespelers.

Dolby niveau

Om de luidsterkte of beter gezegd de magnetisatie van bandopnames te kunnen vergelijken, bestaat behoefte aan een vergelijkingswaarde. Daarvoor bestaan meetcassettes met referentie niveau's. Ze bestaan met DIN/IEC- of Dolby niveau. Voor de gangbare service zijn de cassettes met Dolby niveau het handigst, omdat aan de hand daarvan de Dolby-functie wordt ingesteld.

Meestal komt het Dolby niveau overeen met 0dB uitsturing bij weergave (of het met het gespiegelde dubbele D symbool op de meterschaal, dat niet zelden 1,1dB hoger ligt).

High Com-, dbx- en ADRES compander

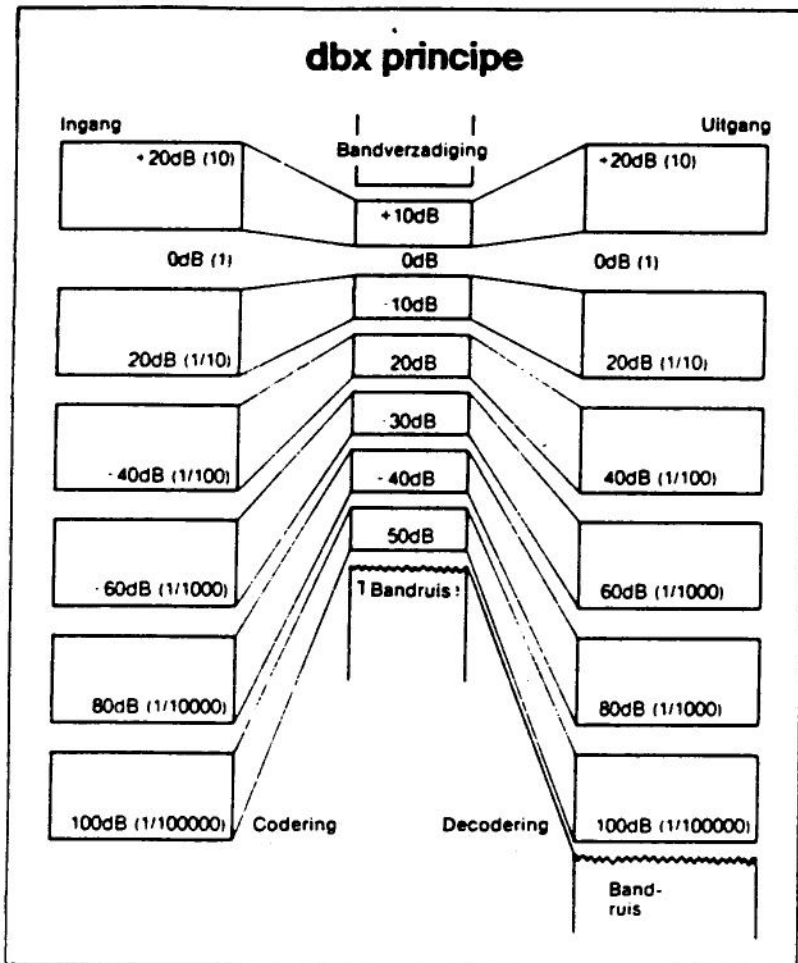
Het door Telefunken bedachte High Com systeem is een afgeleide van de professionele Tel Com compander. Net als bij dbx gaat het om een breedbandige compander, waarbij de opzet van Dolby wordt gecombineerd met de logaritmische compressie en expansie van dbx, zodat meer ruisonderdrukking gepaard gaat met minder afregeling door de gebruiker. Dit betekent o.m., dat ook laagfrequente storing wordt onderdrukt.

De bewuste voorziening zorgt voor een ca. 20dB betere ruisonderdrukking en is ongevoelig voor niveau-afwijkingen (tot +/- 6dB) en onevenwichtigheden in het frequentieverloop.

High Com werkte uitstekend en probleemloos, maar heeft naast Dolby nooit een echte kans gehad, ook niet als losse Black Box.

Voor de diverse dbx compander generaties geldt eigenlijk

hetzelfde; de eerste hadden als grote handicap bovendien, dat ze erg drastisch, bijna agressief ingrepen en te lange regeltijden bezaten, waardoor met name lang aangehouden, tot pianissimo uitstervende tonen vergezeld werden van ruislieden. De systemen "pompten" en "hijgden". ADRES was een dbx-achtige eigen ontwikkeling van JVC. Niemand gebruikt tegenwoordig meer High Com en dbx.



Het loopwerk en de bandgeleiding

De kwaliteit van een bandopname wordt niet slechts door de elektromagnetische, maar ook in hoge mate door de mechanische functies van de recorder en de cassette bepaald. De voorwaarden, die op dit gebied worden gesteld, betreffen vooral de gelijkmatige, constante bandsnelheid van 4,7625cm/s over de hele lengte van 171 meter per uur, de nauwkeurige bandgeleiding en het optimale contact tussen band en koppen. Met behulp van uitgekiende constructies, fabricage binnen nauwe toleranties en goed onderhoud is gelukkig goed aan deze voorwaarden te voldoen.

Tot het mechaniek behoren elektromotoren, eventueel vliegwie-

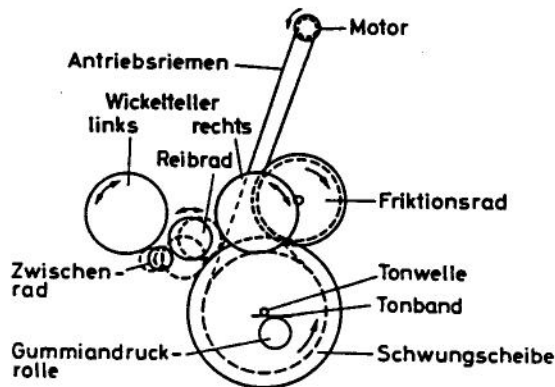
len, overbrenging naar de aandrijfas en de wikkelspoelen, vaste of bewegende bandgeleiding en spanners, remvoorzieningen en schakelmechaniek. Een cassettedeck moet tenminste zorgen, dat de band voor opname en weergave met de genormeerde, vaste snelheid loopt en dat hij snel vooruit en terug kan worden gespoeld. Via schakellogica zijn daar soms nog specifieke auto-reverse, titelzoek-, oversla- geheugen-stop en automatische weergave met of zonder "intro-scan" na terugspoelen aan toegevoegd. In de betere decks wordt de band eerst ook nog strak getrokken voordat de opname of weergave begint. Na de eerste generaties cassettedeck zijn de elektro-mechanische functies van het loopwerk vervangen door logische.

Het voortdurende verschil van toerental tussen de op- en afspoelwikkels wordt als regel opgevangen door een slipkoppeling van beide wikkels met behulp van een instelbare lagerwrijving. Ter vermijding van het sprongsgewijs onregelmatig op- en afwikkelen, wordt wel een magnetische slipkoppeling toegepast.

Om te zorgen, dat het loopwerk zo trillingsvrij en stil mogelijk werkt, wordt het doorgaans op een verstevigd metalen chassis gemonteerd. Bij voorkeur worden zelfsmurende glijlagers gebruikt, die geen onderhoud vergen en voor de overbrenging kunststof tandwielen of rubber snaren, die af en toe vernieuwd zullen moeten worden.

Motorisch gedeelte

Het aandrijfschema van een cassetterecorder kan er als volgt uitzien:



Een elektronisch gestuurde gelijkstroommotor drijft via een vierkante snaar het vliegwiel met de aandrijfas en het wrijvingswiel aan. Dit laatste zorgt tijdens opname en weergave voor de wrijvings- of elastische draaikoppeling van de opwikkelspoel en het aandrukwielt van het bandtransport. Ook directe aandrijving wordt wel toegepast, maar hoeft niet per se beter te zijn.

Het omspoelen verloopt via een wrijvingsgekoppeld wiel naar de wikkels. Voor omgekeerd bandtransport wordt een tussenwiel ingeschakeld. Bij indrukken van de toetsen voor het snel

omspoelen wordt meteen ook een slipkoppeling ingeschakeld, die ter ontlasting van de bandtrek dient en om blokkeren van het loopwerk te voorkomen. Tijdens opname en weergave is deze koppeling uitgeschakeld om zweving te voorkomen. Een ouderwetse mechanische bandteller wordt door de linker wikkel aangedreven.

De aandrijffas met 3mm diameter - ten onrechte in de letterlijke vertaling van het Engelse Capstan vaak kaapstander genaamd (dat was meer een voorziening tijdens de zeilvaart van de Ver. O.I. Compagnie!) - moet aan nauwe toleranties voldoen. Wanneer de rondheid slechts 0,15mm afwijkt, veroorzaakt dat al een zweving van +/-0,1%. Behalve hoorbare jengel en jank veroorzaakt zo'n afwijking ook frequentiemodulatie in het muzieksignaal.

Dual capstan en closed loop

Om tekortkomingen van de gelijkmatige bandloop bij de heel dunne cassetteband te voorkomen, is al snel als eerste maatregel het vliegwiel ingezet. Het probleem bestond uit het feit, dat deze als tweede aandrijffas geconstrueerde oplossing niet precies synchroon draait met de hoofd aandrijffas. Wanneer hij aan de buitenkant sneller loopt, dan trekt hij de band in het apparaat omdat de hoofdas de band niet snel genoeg wegtrekt; loopt hij te langzaam, dan wordt de band uitgerekt. De kunst bestaat nu daarin de eerste as iets langzamer te laten draaien: het Dual Capstan, Closed Loop principe.

Met twee kwartsgestuurde Direct Drive motoren met gegarandeerd gelijk toerental moet de eerste as wat dunner zijn.

Ook met snaaraandrijving vanaf een gemeenschappelijke motor is door een verschil in slip tussen beide assen te creëren deze oplossing mogelijk.

Toepassing van Dual Capstan maakt deels het gebruik van aandrukuiltjes overbodig en schakelt de invloed van de cassette grotendeels uit. Het band/kopcontact wordt veel beter, het uitgangsniveau fluctueert minder en de modulatie-ruis wordt geringer, maar de zwevingswaarden dalen niet noodzakelijkerwijs.

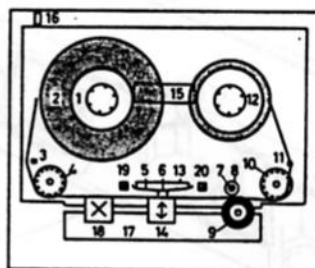
Bij het opwickelen van de band bedraagt de bandtrek bij een draaimoment van 5 millinewtonmeter 0,2 à 0,5N (vergelijkbaar met een gewicht van 20-50g). Een te hoge bandtrek veroorzaakt de vaste wikkels, die makkelijk kunnen klemmen.

Helemaal los van de gewenste slipwerking van de wikkels is er nog de ongewenste slip van het reguliere bandtransport tengevolge van de remmende werking met 0,1 tot 0,01N van de afwikkelspoel. Als het goed is bedraagt deze slip minder dan 0,5% tussen bandbegin (waar de remmende werking het grootst is) en bandeinde.

Voor de aandrijving van cassette-recorders worden doorgaans (collectorloze) gelijkstroom motoren gebruikt. Bij de goedkopere machines verricht eentje alle functies, bij de betere decks wordt één motor voor het bandtransport ingezet een

eentje elk voor de wikkels. Soms wordt een vierde toegepast om het cassettevak te openen en te sluiten. Soms worden ook Hallgeneratoren gebruikt.

De compact cassette zelf bevat een belangrijk deel van het loopwerk en de bandgeleiding, zoals onderstaande afbeelding laat zien:



1 Tandring van de linker wikkeldkern, 2 linker bandwikkeld, 3 geleidestift, 4 geleiderol, 5 aandrukveer, 6 viltje, 7 aandrijfas (capstan), 8 opening, 9 rubber aandrukrol, 10 geleiderol, 11 geleidestift, 12 tandring van de rechter wikkeldkern, 13 afschermblik, 14 opname/weergavekop, 15 kijkvenster, 16 code opening bandsoort en beveiliging tegen abusievelijk wissen, 17 montageplaat, 18 wiskop en 19 plus 20 geleidestiften. Per merk zijn hierop varianten mogelijk. BASF bijvoorbeeld introduceerde aanvullend ooit het SM (Sicherheits Mechanik), een kunststof hefboompje in de cassette om het vastlopen van de band in de cassette te voorkomen

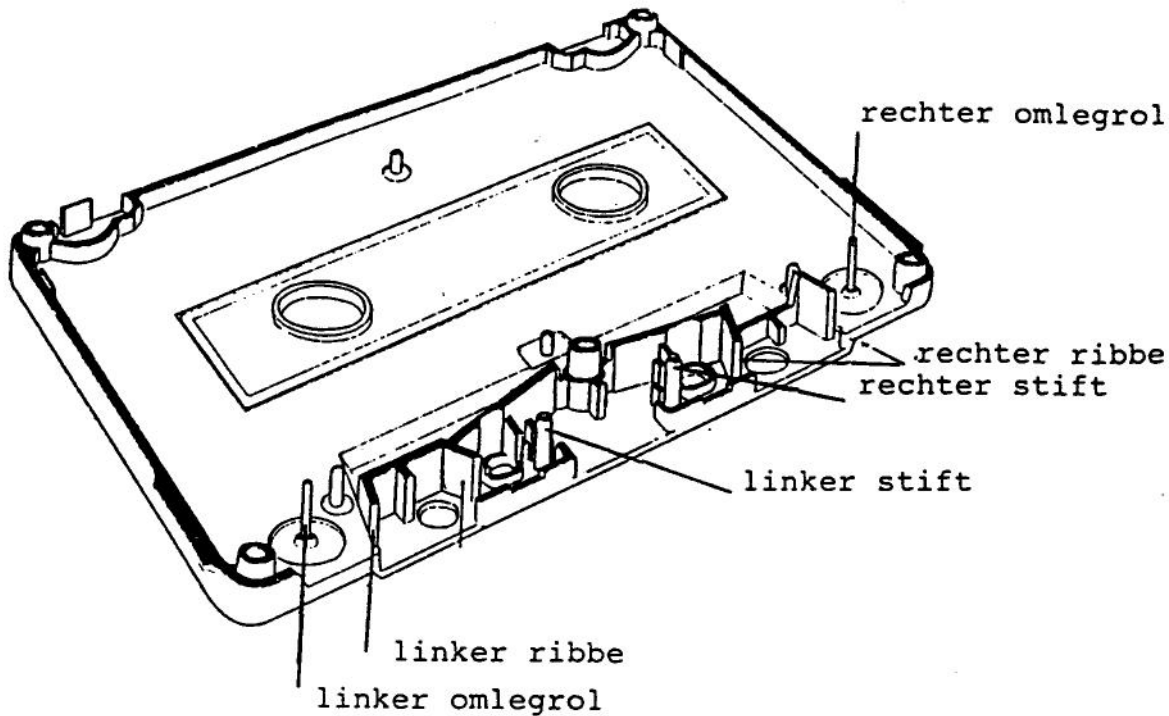
Slijtage, onderhoud

De belangrijkste slijtage in het deck is de kopslijtage, die onvermijdelijk is als men bedenkt, dat een enorm groot oppervlak (de band, voorzien van een emulsie van ijzeroxyde, dat door juweliers als slijpmiddel - Parijs rood - wordt gebruikt, of chroomdioxiede, dat nog iets beter bleek te slijpen) in kan werken op een miniem oppervlakje rond de kopspleet.

De mate van kopslijtage is heel wisselend en onvoorspelbaar. Gemiddeld mag men wel van 1.000 gebruiksuren uitgaan.

Na verloop van tijd heeft de band op allerlei plaatsen poeder en vuil afgezet: op de koppen, de aandrijfas, de aandrukrol, de bandgeleiding. Deze vuilafzetting kan het beste worden verwijderd met een even in isopropyl-alcohol gedrenkte wattip of speciaal in de handel zijnde poetsmiddel. Geen benzine, petroleum of olie gebruiken, omdat deze de rubberrol aantasten, net zoals tri en tetra kunststof kunnen aantasten. Elke 15 gebruiksuren een poetsbeurt kan geen kwaad. De ook in de handel zijnde reinigingscassettes kan men beter argwanend tegemoet treden: het middel (kopslijtage) is vaak erger dan de kwaal.

Gelukkig "poederen" moderne cassettebanden minder dan vroeger, toen met name BASF berucht was in dit opzicht.



Demagnetiseren

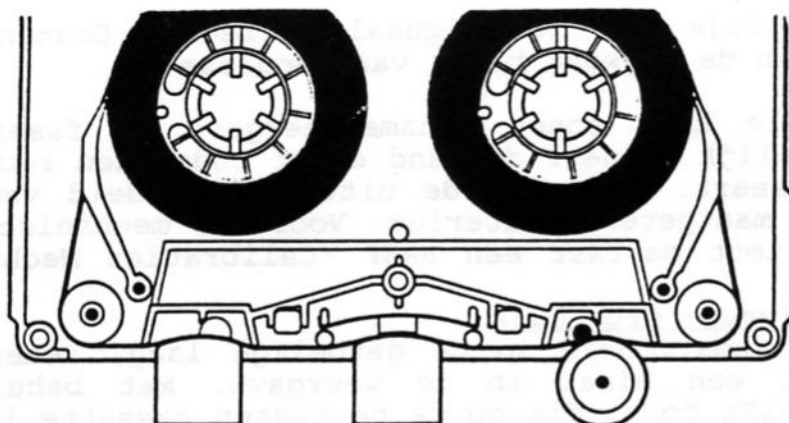
De gezamenlijke uitwerking van in- en uitschakelen, aanzwellen en afnemen van allerlei stromen van diverse aard en frequentie, schokken en stoten, het aardmagnetisch veld, leidt ertoe, dat allerlei metalen delen waarmee de band in aanraking komt, mettertijd een lichte mate van magnetisatie ondergaan. Goede recorderpraktijk vraagt daarom om periodieke demagnetisatie, bijvoorbeeld eenmaal in elke vijftig gebruiksuren.

Daarvoor zijn demagnetiseurs in de handel, die liefst precies volgens de bijbehorende gebruiksaanwijzing moeten worden gehanteerd. Tijdens het ritueel moet de recorder zijn uitgeschakeld en moeten zich liefst geen cassettes in of in de buurt van het deck bevinden.

Gelijkstroom magnetisatie kan ook (na de opname) ontstaan als de band langs een magneetje loopt, bijvoorbeeld als de bandgeleiders of de kopjes zelf enigszins magnetisch worden. Op gezette tijden het koppencompartiment met een daarvoor geschikte demagnetiseur volgens het bijbehorende voorschrift behandelen kan daarom geen kwaad. Het vormt onderdeel van goed onderhoud.

Bandteller

De eenvoudige mechanische, met de wikkelmotor gekoppelde bandtellers zijn goeddeels vervangen door verfijndere digitale tellers, die nauwkeuriger en in real-time werken en die dus niet alleen de verstreken, maar ook de resterende opnameduur kunnen aangeven mits tevoren de bandlengte werd geprogrammeerd.



Metingen aan cassettes

Frequentieverloop en gevoeligheid

Alleen wanneer recorder en band goed harmoniëren, kunnen goed klinkende resultaten worden verwacht. Daarom streven de software fabrikanten naar bandsoorten, die de eigenschappen van de IEC referentieband benaderen. Dat is vooral belangrijk als Dolby ruisonderdrukking wordt gebruikt, want dan weegt elke fout in het frequentieverloop zwaar. De meting van het frequentieverloop vindt plaats op -20dB niveau om bij de hoogste frequenties niet vast te lopen in de bandverzadiging.

Men kan onderscheid maken tussen bandsoorten, die heel goed overeenkomen met de IEC referenties, andere die een geringe bijregeling van de voormagnetisatie vergen en types, die onder de 400Hz een afwijking $>-0,5$ en $>+1,0$ dB en een dal in de middenfrequenties hebben.

Dynamiek

Deze wordt nadat de voormagnetisatie juist is afgeregeld bepaald bij 400Hz en 10kHz. De uitstuurbaarheid wordt vervolgens met en zonder Dolby bij 3% harmonische vervorming bepaald. Helaas is het zo, dat elke halvering van de bandsnelheid en/of de spoorbreedte een verlies van 3dB in de S/R verhouding optreedt.

Vervorming

Een vervormingspercentage $>0,1\%$ waar men zich bij versterkers zo druk om maakt, valt bij recorders enorm mee. De bandvervorming loopt slechts langzaam met de toenemende magnetisatie op tot na overschrijding van een bepaalde amplitude sneller toe te nemen, maar lang niet zo dramatisch als bij een tegengekoppelde versterker. Bovendien bestaat deze vervorming vrijwel uitsluitend uit 3e harmonischen, zodat boven de 6kHz al nauwelijks meer wat waarneembaar is. De wel hoorbare resulterende IM vervorming, wordt gelukkig goeddeels door het hoge signaalniveau gemaskeerd. Dikkere band heeft meer emulsie en veroorzaakt hogere uitsturing bij minder vervorming

Modulatieruis

Tengevolge van microscopisch kleine oneffenheden in de gevoelige laag en wrijving met de bandgeleiding ontstaat modulatie-ruis, waartegen het Dolby systeem machteloos is omdat deze

steeds tegelijk met het signaal optreedt. Coating, bv. het matteren van de rugkant biedt vaak soulaas.

Azimut

Een optimale hoge tonen opname/weergave en fasefouten zijn alleen mogelijk wanneer de band exact onder een rechte hoek de koppen passeert. Oom voor de uitwisselbaarheid van cassettes is dit een maatgevend criterium. Voor het mechanisch afregelen van het azimut bestaat een BASF "Calibration Mechanism" cassette.

Constant niveau: drop-outs

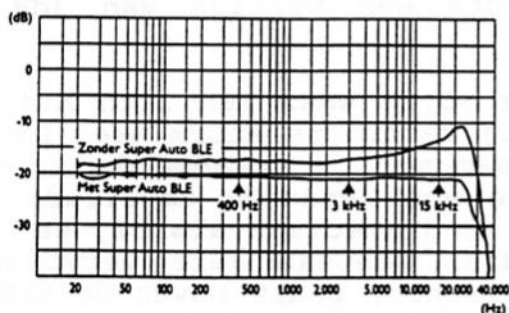
Elke ongelijkmatigheid in de gevoelige laag, iedere drop-out veroorzaakt een hiaat in de weergave. Met behulp van een continue 10kHz toon, die op de te testen cassette is opgenomen kan dat met een penrecorder worden gecontroleerd, ook onder ongunstige omstandigheden (hoge temperaturen en luchtvochtigheid). Er zijn chroomdioxidebanden, die op temperaturen boven de 60°C reageren met 2,5dB minder hoge tonen.

Zweving

kan vlg. DIN lineair en gewogen worden bepaald. Het zwevingspercentage hangt primair van de recorder af. Gebruikt wordt een 3kHz meettoon, die niet alleen in het midden, maar ook aan begin en eind van de band strak moet klinken.

Automatische of handmatige recorder afregeling

Om de kwaliteiten van de cassetteband optimaal te benutten, hebben veel recorderfabrikanten gezorgd voor automatische (computer- en testtoongestuurde) of handmatige afregelmogelijkheden van bias, EQ en gevoeligheid. Dat gebeurt onder benamingen als Rec Cal, Auto Accubias, ATCS (Automatisch cassette calibratiesysteem), (Super) Auto BLE e.d. Het helpt optimale uitsturing bij minimale vervorming en zo gering mogelijke ruis te realiseren. Hoe bijvoorbeeld met Super Auto BLE van Pioneer het frequentieverloop mooi wordt gelineariseerd blijkt uit deze curven:



Wat zeggen de specificaties en metingen?

Hieronder wat cijfermatige minimum/maximum gegevens, die in de specificaties en bij de metingen naar voren komen:

Zweving vlg. DIN gewogen	0,05/0,20%
„ lineair	0,13/0,40%
Toerentalverschil bandbegin/einde	0,2/2,0%

Gewogen S/R verhouding IEC ijzeroxydeband	59/67dBA Dolby B 71/76dBA Dolby C 76/80dBA Dolby S
Gewogen S/R verhouding IEC chroomband	65/71dBA Dolby B 72/77dBA Dolby C 77/82dBA Dolby S
Gewogen S/R verhouding IEC metaalband	65/71dBA Dolby B 75/80dBA Dolby C 80/85dBA Dolby S
Hoogdynamiek IEC chroomband	67/72dBA Dolby C 72/77dBA Dolby S
IEC metaalband	73/78dBA Dolby C 78/83dBA Dolby S
Frequentieverloop opname/weergave z/m Dolby weergave	in diagramvorm idem
Verlies aan hoge tonen na 5x weergave bij 15kHz, Fe-band, zonder Dolby	0,2/2,0dB
Verlies aan hoge tonen door azimuthfouten bij 10kHz, weergave en zonder Dolby	0,2/2,0dB
Stereo kanaalscheiding bij 1kHz 10kHz	30/40dB 25/35dB
Ingangsgevoeligheid/weerstand	100/200mV 10/50k Ω
Uitgangsspanning/weerstand	0,5/1V 1/4k Ω
Stijgtijd uitsturingsmeters	<10ms
Oplossend vermogen bij volle uitsturing	3/1dB
0-punt gerelateerd aan DIN niveau	0/-5dB

Cassettetest

Bovenstaande criteria in acht nemend is er momenteel één cassette, die met kop en schouders boven zijn soortgenoten uitsteekt: de dure Sony Super Metal Master vestigt op het punt van dynamiek en modulatie-ruis een nieuwe norm; het is een soort referentie cassette. In de praktijk vergt deze bandsoort van de recorder wel een groot instelbaar biasbereik. Goede tweede is Maxell Metal Vertex.

Daarna volgen met name TDK SA XS en SA X, Maxell XL II S en Fuji K 2 x. Wie goede, goedkope ME band zoekt, is goed af met Sony Metal XR. In de echte chroomklasse scoort BASF Reference Maxima TP II het hoogst.

Andere aanbevelenswaardige cassettes zijn in alfabetische volgorde

BASF Chrome Super II, Chrome Maxima II, 353 CR II Studio en 353 MP IV Studio en 353 CR II Focus; Denon HD 7 en HD M

Fuji K 2, Z II en Metal Z

Maxell MX, MX S, UD II CD, XL II

Scotch XS II S en XS II SP

Sony UX S, UX Pro en TDK MA, SF, SA.