

PICKUP ELEMENT, -ARM EN PLATENSPELER

De platenspeler met pickup arm en -element vormt het oudste deel van de HiFi installatie, waarvan de weergavekwaliteit beslissend afhangt van de beheersing van vooral mechanische krachten, die binnen heel nauwe toleranties moeten blijven. Want de pickup naald moet ook de kleinste amplitudes van de plaatgroef exact kunnen volgen om de daar mechanisch vastgelegde informatie precies in elektrische impulsen te kunnen omzetten.

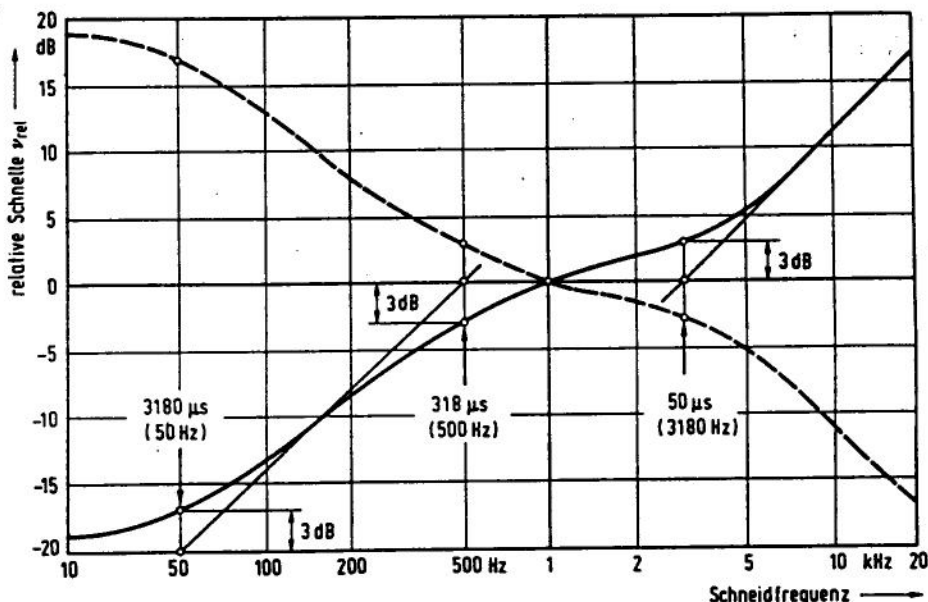
Bouwgroepen

Een complete platenspeler bestaat uit

- loopwerk met plateau
- pickuparm met lift
- pickup element met naald

Meestal worden deze als één geheel aangeboden, maar in de hogere prijsklassen is het ook mogelijk om losse componenten te combineren.

Het loopwerk heeft tot taak de grammofoonplaat zo ongestoord mogelijk met één der toerentallen (33 1/3 of 45 t.p.m.) te laten ronddraaien. De belangrijkste eigenschappen, waarover het moet beschikken zijn een constant toerental om zweving te voorkomen en een afwezigheid van motordreun (rumble) om laagfrequente bijgeluiden, die met de laagbekrachtiging door de RIAA karakteristiek toch gauw problemen geven, te voorkomen.

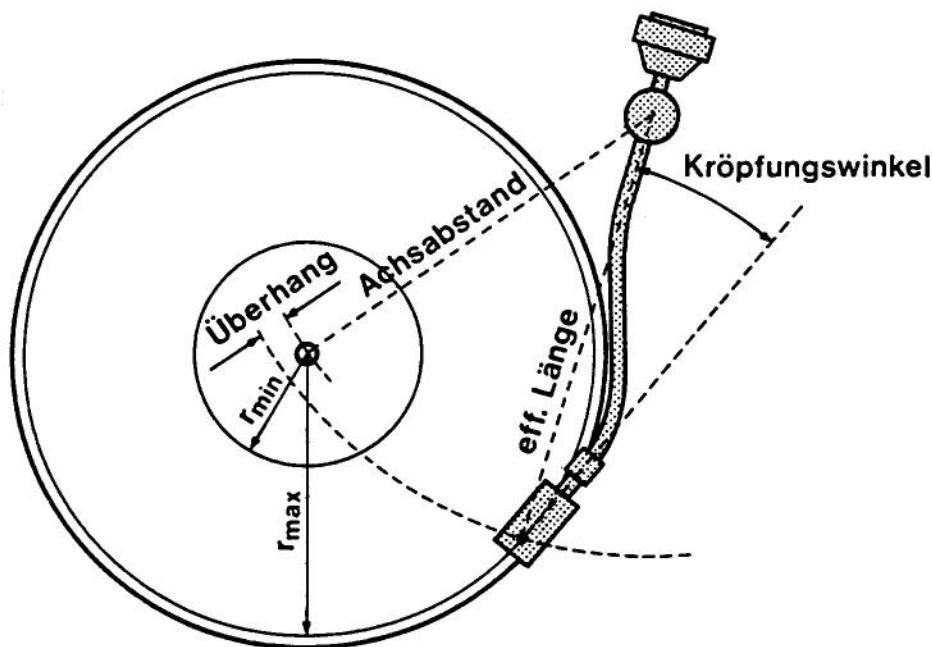


Nogmaals de RIAA karakteristiek; de getrokken lijn geldt bij opname, de streepjeslijn bij weergave

Men maakt onderscheid tussen de gangbare platenspeler en de platenwisselaar, die echter gelukkig in onbruik is geraakt. Daarentegen zijn bij platenspelers veel functies geautomati-

seerd: de naald wordt vanzelf naar de aanloopgroef geleid en aan het eind van een plaatkant uit de groef gelicht en naar de armsteun teruggebracht, waarna de motor afslaat.

De pickuparm heeft als opgave het p.u. element te dragen en zo neutraal en wrijvingsloos mogelijk de naald door de plaatgroef te laten sporen. Minimale verticale en horizontale lagerwrijving is daarvoor essentieel. Het traagheidsmoment van de arm moet gering zijn; is het te groot, dan kan de naald de verticale bewegingen tengevolge van kromme platen niet goed volgen en dreigt de naald het contact met de groef te verliezen. Daardoor verandert ook de naaldkracht met als gevolg eventueel groefsprongen (dit laatste kan zich ook voordoen bij het afspelen van zwaar gemoduleerde platen bij te geringe naaldkracht) en vervorming.



Wat gegevens over de armgeometrie

Verder is de opzethoek in de orde van grootte van 20° (D. Krpfung) en de overstek (D. Überhang) van ca. 14mm van het armuiteinde van belang, want tijdens het afspelen van een plaat werkt een radiaal naar binnen gerichte kracht, de skatingkracht; om die te neutraliseren heeft de arm een skatingcompensatie, ofwel dwarsdrukcompensatie.

Sommige fabrikanten omzeilen deze klip door een tangentiale arm aan te bieden; deze heeft geen dwarsdrukcompensatie nodig en vertoont geen tangentiale fouthoek.

Onder HiFi pickup elementen zijn momenteel de magnetodynamische (MD) en elektrodynamische of Moving Coil (MC) types het meeste in zwang. Kristal- en keramische pickups voldoen niet aan hoge kwaliteitseisen, halfgeleider-, foto-elektrische en

capacitieve pickups hebben nooit een rol van betekenis gespeeld.

Het pickup element

Bij plaatweergave glijdt een conisch, elliptisch (biradiaal) of overelliptisch geslepen diamanten naaldpunt van het element door de plaatgroef. Deze brengt de naald in een trilling, die overeenkomt met die, welke de snijbeitel uitvoerde. Hoe beter de aftastnaald de door de geluidsinformatie voorgeschreven weg volgt, des te gaver is de weergave. Elke afwijking van de ideale weg veroorzaakt afspeelvervalsing.

In oude, goedkope pickup elementen werd ook saffier als naaldmateriaal gebruikt. Het was minder tegen slijtage bestand.

De door de pickup naald uitgevoerde bewegingen moeten in elektrische wisselspanningen worden omgezet om door de versterker verder te kunnen worden verwerkt. Deze taak neemt de in het element ondergebrachte elektro-mechanische omzetter voor zijn rekening. Daartoe worden vooral drie werkingsprincipes toegepast:

- het piëzo-elektrische principe van kristal- en keramische elementen; we laten het hier als inferieur verder buiten beschouwing.
- het elektromagnetische of magnetodynamische principe (Moving Magnet of MM)
- het elektrodynamische principe (Moving Coil of MC).

Volledigheidshalve ziet het tableau de la troupe er als volgt uit:

Systeem	Principe	Werking
Magnetodynamisch	1) bewegende magneet	verandering van het magnetisch veld in vaste spoel
	2) geïnduceerde magneet	
	3) variabele magnetische weerstand	
Elektrodynamisch	bewegende spoel	idem, maar nu met vaste magneten
Piëzo-elektrisch	kristal, keramiek	piëzo-elektrisch effect
Halfgeleider	silicium	weerstandsvanandering
Condensator	electret	capaciteitsvanandering
Foto-elektrisch	fototransistor en diafragma	fluctuerende belichting

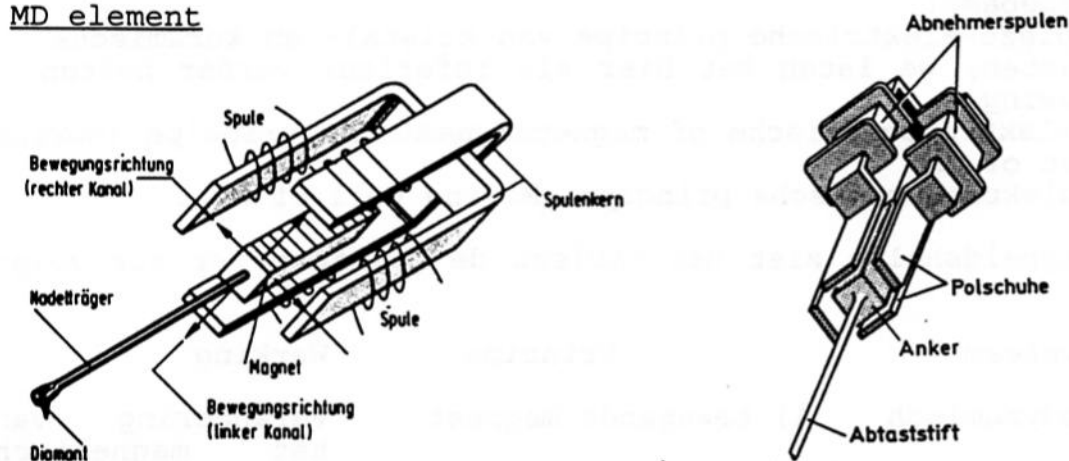
Magnetodynamisch pickup element

Bij magnetodynamische elementen verloopt de omzetting van de mechanische naaldbewegingen in aequivalente wisselspanning doordat de vast gemonteerde spoeltjes in het element worden blootgesteld aan een wisselende magnetische flux, die wordt geïnduceerd door met het trillende naaldarmatuur verbonden kleine permanente magneetjes. Omdat de grootte van de uitgangsspanning recht evenredig is met de naalduitslag heet een dergelijk systeem ook wel "snelheidsomzetter".

In het hoofdstukje over de grammofoonplaat bleek, dat deze wordt gesneden volgens de RIAA curve met verzwakt laag en bekrachtigd hoog. Bij weergave moet deze curve zo precies mogelijk in spiegelbeeld worden gevolgd.

MD elementen geven niet slechts zeer geringe spanningen tot 2,5mV af, maar hun frequentieverloop komt van nature ook overeen met deze snijcurve. In de pick up (voor)versterkertrap van de versterker vindt die correctie plaats.

MD element



Het hierboven schematisch weergegeven MD element bestaat uit twee kruisvormig geplaatste U-vormige magneten met elk een spoelwikkeling. De aansluitingen van beide spoelen worden naar de aansluitpunten van het element gevoerd.

Tussen de poolschoenen van deze stationaire magneten ligt een vrij bewegend klein magnetisch anker. Op zijn beurt mondt dat uit in bijvoorbeeld een dun aluminiumbuisje dat als naaldhouder dient. Aan de voorkant ervan is namelijk de naald vastgelijmd. Het anker wordt aan de andere kant "gelagerd" in rubber of kunststof, zodat het enigermate vrij kan bewegen.

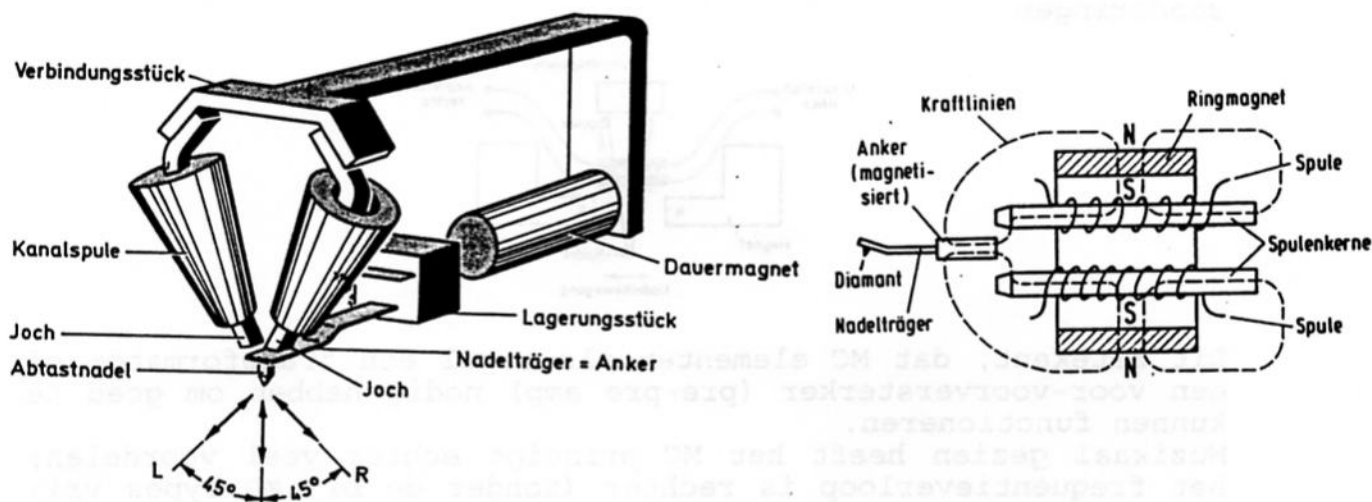
Wanneer de naald door de plaatgroef spoort, raakt het anker en daarmee de magneet in trilling; hij induceert in de spoelen spanningsjes overeenkomstig amplitude en fase van de naaldbeweging. Door de geometrische plaatsing wordt een goede ontkoppeling tussen beide kanalen bereikt.

Het hele systeem is ondergebracht in een mumetalen behuizing en zo goed beschermd tegen vreemde elektromagnetische velden.

De specificaties zouden er als volgt kunnen uitzien:

Frequentiebereik	20-20.000Hz +/-1,5dB
Spanningsafgifte bij 1kHz	2,2mV per kanaal
Kanalengelijkheid	binnen 1dB
Stereo kanaalscheiding bij 1kHz	28dB
Naaldkracht	12-18mN
Compliantie	13×10^{-6} cm/dyne
FIM vervorming	<1,5%
Afsluitweerstand	47k Ω

Element met variabele magnetische weerstand



In bovenstaande schematische voorstelling van een element met bewegend weekijzer wordt de magnetische flux opgewekt door een stationaire permanente magneet. De magnetische kring wordt door het anker onderverdeeld. Wanneer dat anker met aan zijn uiteinde de naald door de groef in trilling gebracht, dan worden de luchtspleten tussen de spoelkernen en het anker wisselend groot, waardoor niet alleen de magnetische weerstand in de luchtspleten, maar ook de magnetische flux in de spoelen varieert. Voor de rest komt de bouw met andere types overeen.

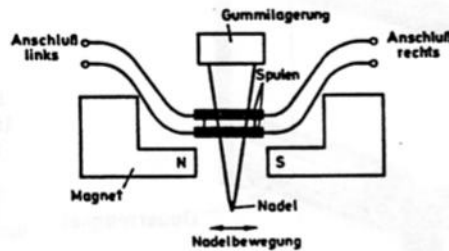
De specificaties kunnen a.v. luiden:

Frequentiebereik	10-20.000Hz +/-1,5dB
Spanningsafgifte	0,8mV bij 1kHz
Kanalengelijkheid	binnen 1dB
Stereo kanaalscheiding bij 1kHz	29dB
Naaldkracht	11-16mN
Compliantie	25×10^{-6} cm/dyne
FIM vervorming	<1%
Afsluitweerstand	47k Ω

Elektrodynamische pickup elementen

Elektrodynamische elementen zijn op dezelfde manier geconstrueerd als dynamische microfoons en luidsprekers, dat wil zeggen, dat twee bewegende spoelen zich in een constant magnetisch veld bevinden, waarvan de magneten stationair zijn. De

spoeltjes zijn aan het naaldarmatuur bevestigd en bewegen zich in het veld van de permanente magneten, zodat er tengevolge van de fluctuerende flux een spanning in wordt genduceerd. Omdat ook het MC element een uitgangsspanning afgeeft, die proportioneel is met de uitslagsnelheid van de naald, moet ook hier de RIAA weergavecurve worden toegepast in de versterker. De spoeltjes moeten zo klein en licht mogelijk zijn. Het gevolg is, dat slechts weinig wikkelingen worden toegepast en dat dienovereenkomstig de afgegeven spanning zeer gering - meestal in de orde van enige microvolt - is, al zijn er uitzonderingen.



Dit betekent, dat MC elementen als regel een transformator of een voor-versterker (pre-pre amp) nodig hebben om goed te kunnen functioneren.

Muzikaal gezien heeft het MC principe echter veel voordelen; het frequentieverloop is rechter (zonder de bij MD types vrij kenmerkende inzinking bij 7kHz en zonder de resonantiepiek in het hoog rond 18kHz), het fasegedrag is fraaier en de vervorming principieel geringer. Een nadeel is, dat de naald doorgaans alleen door fabrikant of importeur kan worden vervangen en dat de soort prijzig is.

De specificaties kunnen zo zijn:	
Frequentiebereik	10-20.000Hz +/- 0,5dB
Spanningsafgifte	0,2mV
Kanalengelijkheid	binnen 0,5dB
Stereo kanaalscheiding bij 1kHz	32dB
Naaldkracht	20mN
Compliantie	23×10^{-6} cm/dyne
FIM vervorming	< 0,6%
Afsluitweerstand	30Ω

Pickup naalden

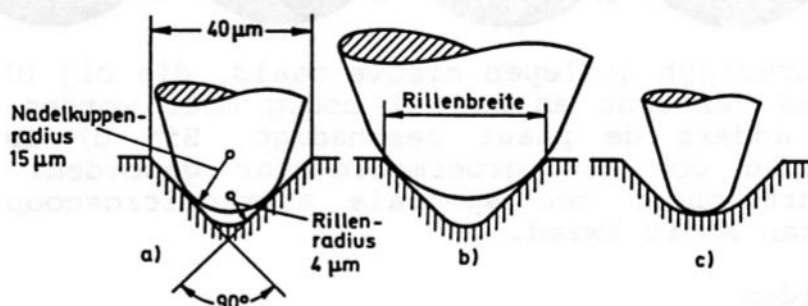
De kwaliteit van pickup elementen wordt in hoge mate bepaald door de eigenschappen van de pickupnaald en het naaldarmatuur. Dit zijn de aan de naald te stellen eisen:

- gave aftasting van de plaatmodulatie
- minimale kwaliteitsbeïnvloeding tengevolge van kleine afwijkingen bij inbouw
- minimale plaat- en naaldslijtage

Om aan deze voorwaarden te voldoen, gebruiken fabrikanten niet alleen verschillende materialen, maar ook diverse tipafrondin-

gen.

Om te beginnen moet de naaldtip een dusdanige afronding bezitten, dat hij wel diep in de groef rust, maar nooit de groefbodem raakt, omdat dit kwalijke bijgeluiden en een slechte aftasting tot gevolg heeft.



a) juiste sporing, b) naaldtip te groot, c) en te klein

Het aanrakingspunt moet daarom ongeveer halfhoog van de groef-flank liggen. Hieruit volgt bij de vastliggende afmetingen van de groef een optimale afrondingsstraal van de naald van 15 µm voor stereonaalden, 25 µm voor mononaalden en 60 µm voor 78t. naalden. Omdat monoplatten ook goed met stereonaalden kunnen worden afgespeeld, wordt de 25 µm naald niet meer gefabriceerd.

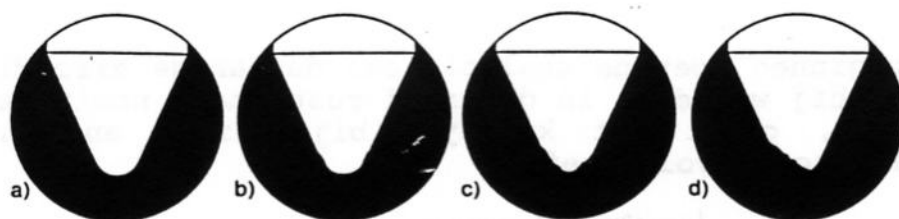
De juiste naaldkracht

Een exacte pasvorm van de naald in de groef is niet afdoende om een gave aftasting te krijgen. De naald moet tijdens het aftasten ook in de groef blijven sporen. Bij een te geringe naaldkracht of tijdens het weergeven van een erg zwaar gemoduleerde muziekpassage (het maximum in dit opzicht zijn de kanonschoten uit de Ouverture 1812 van Tschaikovsky door het Cincinnati orkest o.l.v. Erich Kunzel op Telarc) kan de naald uit de groef springen. Een te hoge, zowel als een te geringe naaldkracht kan nodeloze plaatslijtage veroorzaken. De meeste fabrikanten geven een naaldkracht traject op voor hun elementen. Het beste is pragmatisch 10% onder het maximum als uitgangspunt te kiezen. Een fijnaafregeling is mogelijk met behulp van de aftasttest op een meetplaat.

De kracht, die de naaldtip op de plaat uitoefent moet niet worden onderschat; hij bedraagt ca 10t/cm². Gelukkig vangt het elastische plaatmateriaal dit aardig op.

Uit dit gegeven volgt echter ook, dat de naald liefst uit zeer hard materiaal moet worden vervaardigd. In het 78t. tijdperk had men cactus- of stalen naalden, die na maximaal twee platen moesten worden geslepen of vervangen. Ook de saffier-naalden uit het begin van de LP tijd gingen niet langer dan 30-50 speeluren mee. Huidige diamantnaalden gaan minstens een factor 10 langer mee: 500 speeluren. Maar ze staan ook wel aan geleidelijke slijtage bloot.

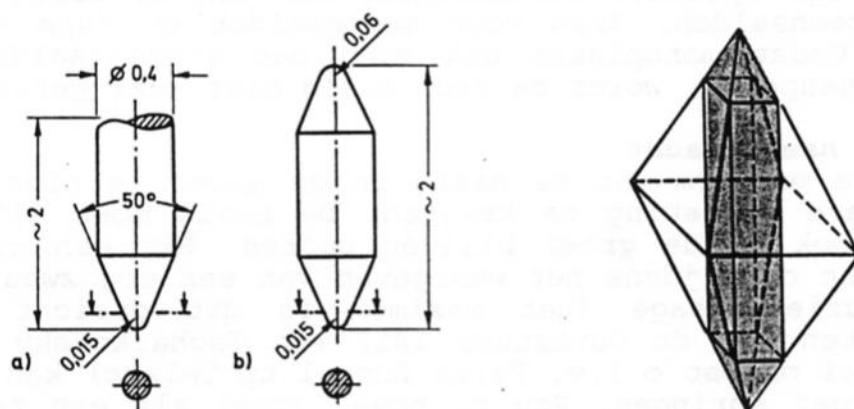
Op de volgende pagina wat beelden, die voor zichzelf spreken.



a) is een sferisch geslepen nieuwe naald, die bij b) de eerste slijtvlakjes vertoont en bij c) nodig moet worden vervangen, omdat hij anders de plaat beschadigt. Bij d) is de naald beschadigd en ook tot groefmoordenaar geworden. Een goede controlebeurt onder een speciale stereomicroscop na 1.000 spelluren kan nooit kwaad.

Diamantnaalden

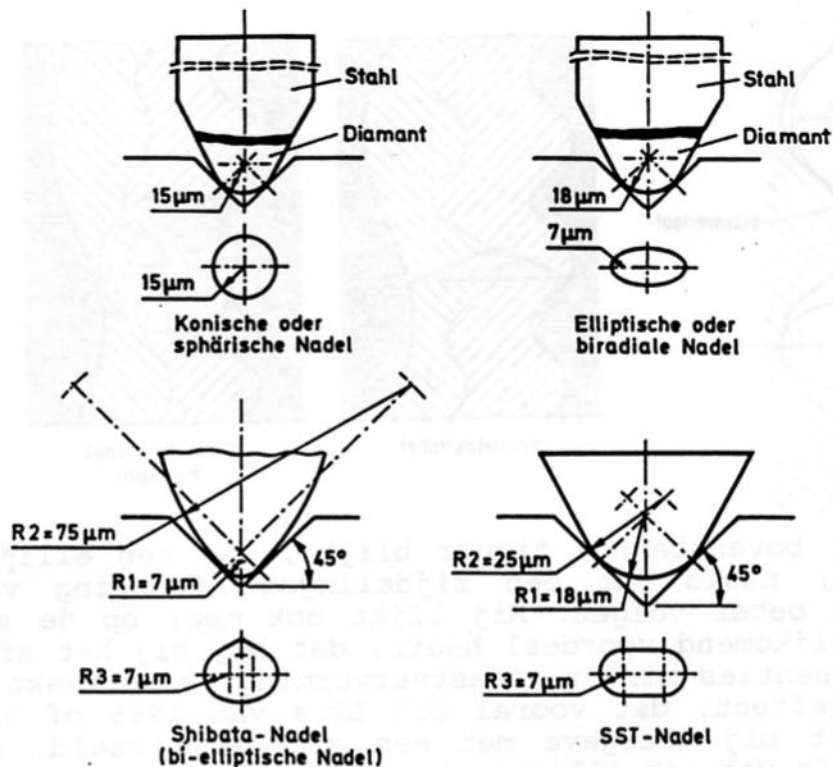
Diamant bestaat uit chemisch zuivere koolstof en heeft een hardheid van 10, 120x harder dan bv. saffier. Natuurlijk bestaan er diamantnaalden en diamantnaalden. Er bestaat een classificatie voor, die verschil maakt tussen "A" en "B" soort.



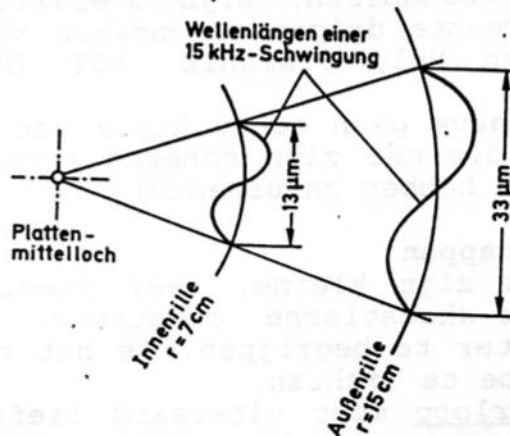
"A" diamanten zijn vervaardigd uit hoogwaardige natuurdiamant in regelmatige achthoek-vorm (octaëder). Optimale hardheid wordt verkregen wanneer de naald volgens de hoofdas wordt gekloven. Een verder voordeel van de "A"-diamant is zijn zeer geringe eigenmassa van ca. 0,2mg.

Een "B" diamant is een naald, waarvan alleen de tip uit diamant bestaat. Een kleine diamantsplinter wordt in een metalen buisje gekit, waarna beide worden geslepen. Omdat bij zo'n splinter de oriëntatie volgens de hoofdas uit het achthoek onmogelijk is, zijn dergelijke diamanten als regel minder hard en kunnen ze aan beide kanten ook in verschillende mate slijten. Tengevolge van de metalen vattings hebben "B" naalden ook een hogere eigenmassa.

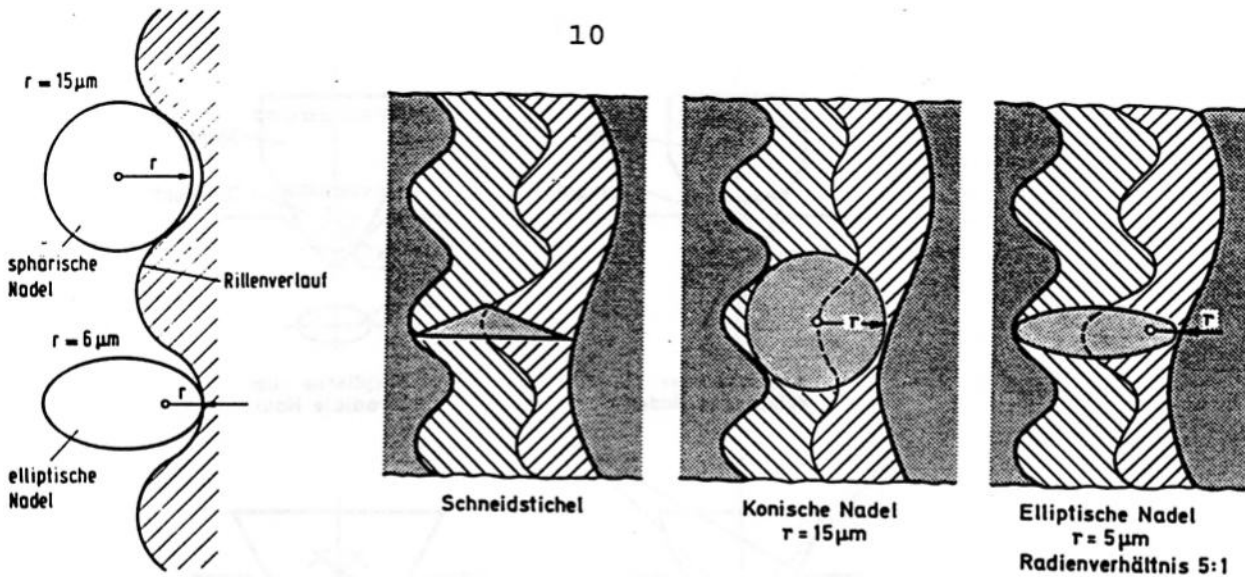
Naaldvormen



Oorspronkelijk bezaten alle pickup naalden een conische (kegelvormige) of sferische (kogelvormige) tip, zoals bovenaan in bovenstaande afbeelding is geïllustreerd. Maar omdat de groefdoorsnee van een plaat van buiten naar binnen steeds kleiner wordt, moet ook de golflengte van de geregistreeerde geluidstrilling steeds korter worden, zoals in onderstaande afbeelding te zien is.



Een trilling van 15 kHz heeft bijvoorbeeld aan het begin van de plaat een golflengte van $33\mu\text{m}$ en aan het eind nog van $13\mu\text{m}$. Een sferische naald met een tipafronding van $15\mu\text{m}$ kan daar de groefflanken niet meer exact volgen: hij loopt ietwat klem, wat ook wel het knijp- of pincheffect wordt genoemd.



Zoals uit bovenstaande figuur blijkt, kan een elliptische (of biradiale) naald met een zijdelingse afronding van $5\mu\text{m}$ de groefvorm beter volgen. Hij lijkt ook meer op de snijbeitel, wat als bijkomend voordeel heeft, dat hij bij het aftasten van hoge frequenties minder aftastvervorming veroorzaakt.

Het knijpeffect, dat vooral bij LP's van 1965 of vroeger een rol speelt bij weergave met een sferische naald, treedt dus bij gebruik van een elliptische naald niet meer op.

Op basis van hun kleinere contactvlakjes tussen naald en groefwand moeten elliptische naalden liefst niet met naaldkrachten $>15\text{mN}$ worden gebruikt, omdat ze dan snel slijten en omgekeerd veel plaatslijtage veroorzaken.

Onder invloed van de quadrafonie (waar frequenties tot 50kHz moesten worden afgetast) en in een streven om de snijbeitelvorm dichter te benaderen, zijn overelliptische naaldvormen ontwikkeld. De meeste dragen eigennamen van de ontwikkelaars: Shibata, Van den Hul, Pramanik, SST (Philips Super Sonic Tracking).

Waarom voor weergave geen echte kopie van de snijbeitel wordt gebruikt? Omdat die met zijn scherpe randen de plaat na eenmaal afspelen zou hebben geruïneerd!

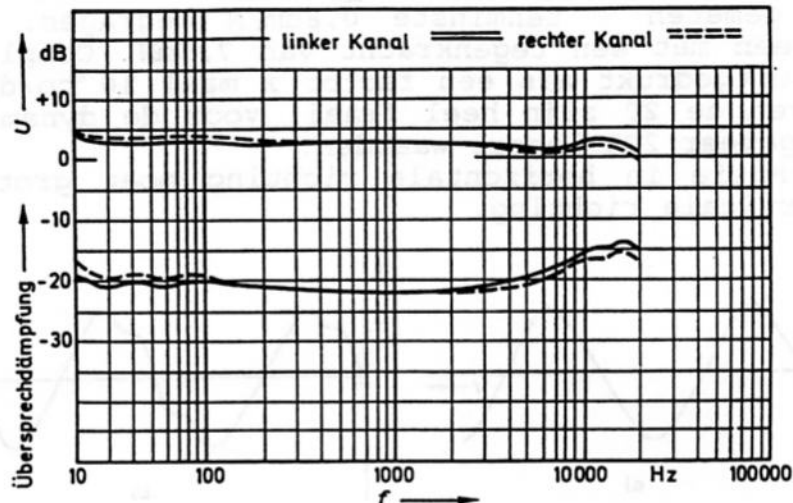
Weergave eigenschappen

Pickup elementen zijn kleine, heel preciese, maar ook heel complexe elektro-akoestische omzetters. Om hun technische specificaties beter te begrijpen, is het nuttig de specificaties wat nader toe te lichten.

Het frequentieverloop moet uiteraard liefst zo lineair mogelijk zijn. MC elementen voldoen het beste aan deze voorwaarde; MD types hebben vaak een kleine slenk rond de 7kHz . In het laag onder de 60Hz treden soms wat slingeringen tengevolge van resonanties op, in het hoog boven de 14kHz zijn deze geprononceerder.

De stereo kanaalscheiding, die meestal in dezelfde grafiek van de penrecorder wordt meegeschreven, vertoont een enigszins kuipvormig aanzicht. De hoogste waarden (DIN schrijft bij 1kHz minimaal 20dB voor) van bij de betere elementen $>30\text{dB}$ worden

in de middenfrequenties bereikt. Naar de uiteinden van het frequentiespectrum toe worden ze kleiner, maar moeten liefst bij 50 en 12,5kHz nog >15dB bedragen.



Boven: frequentieverloop, onder kanaalscheiding

Afgezien van de constructie van het element, die de kanaalscheiding goeddeels bepaalt, is ook de volkomen rechte stand (in vooraanzicht) van de naald in de groef maatgevend voor de maximaal haalbare kanaalscheiding.

Spanningsafgifte

De spanningsafgifte hangt niet slechts van de snelheid van de grammofoonplaat, maar ook van de frequentie en de afsluitweerstand af. Volgens DIN wordt gemeten bij een referentiefrequentie van 1kHz en een snelheid van 10cm/s. Een MD systeem moet aan de genormde afsluitweerstand een spanning van 2-15mV leveren, een MC element afgesloten met 30Ω 0,05 - 0,15mV. Wanneer de uitgangsspanning wordt gedeeld door de snelheid verkrijgt men de spanningsfactor, die vlg. DIN bij 1kHz in mVs/cm wordt opgegeven.

Kanaalgelijkheid

Onder kanaalgelijkheid verstaat men het verschil in uitgangsspanning tussen het linker- en rechter kanaal van een stereo pickup systeem, wanneer beide kanalen hetzelfde worden gemoduleerd. De afwijking wordt bij 1kHz in dB gemeten. De DIN norm is hier met een maximum afwijking van 2dB zwak. Een kwaliteitscriterium is dit overigens niet, immers een meestal constant verschil kan makkelijk met de balansknop op de versterker worden opgevangen.

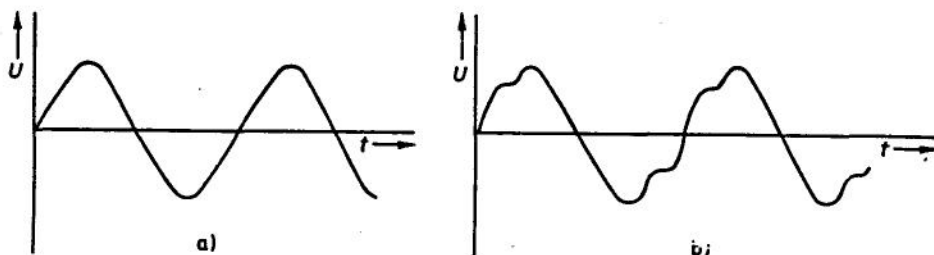
Compliantie

Het gaat hier om de souplesse, de meegaandheid van de naald ten opzichte van de daarop inwerkende krachten. Het naaldarm-

atuur moet liefst zo elastisch zijn gelagerd, dat het uit zichzelf weer in de ruststand terugkeert, als de naald uit de groef wordt gelicht.

Volgens DIN 45.500 moet de compliantie in alle richtingen - statisch gemeten - tenminste $0,8 \text{ cm/N}$ bedragen. Deze waarde komt overeen met een tegenkracht van $7,5 \text{ mN}$. Compliantie wordt ook vaak uitgedrukt als een factor x maal 10^{-6} cm/dyne ; waarden van x boven de 20 zijn heel fraai; voor de dynamische meting gelden ongeveer 20% lagere waarden.

De compliantie in horizontale richting moet groter zijn dan die in verticale richting.



Spanningsafgifte bij a correcte en te grote b naaldkracht

Niet-lineaire vervormingen

Niet-lineaire vervorming ontstaat meteen al principieel, omdat de naaldvorm niet overeenkomt met de scherpere beitelvorm van de snijbeitel. Verder onderscheiden we aftastvervorming, die ontstaat doordat de as van het aftaststelsel niet tangentiaal in relatie tot de plaatgroef verloopt, vervorming tengevolge van het knijpeffect, tengevolge van de niet consequent aangehouden verticale afspeelhoek van 20° en FIM (frequentie intermodulatie) vervorming.

Om deze vervorming te meten wordt gebruik gemaakt van een testplaat vlg. DIN 45.542. Daarop zijn de groeven van het rechter en linker kanaal met frequenties van resp. 300 en 3.000 Hz in een amplitudeverhouding van 4:1 gemoduleerd om met de intermodulatiemethode te kunnen meten. Volgens DIN mag de FIM vervorming de 1% niet te boven gaan (gemeten bij een relatief niveau van -6 dB).

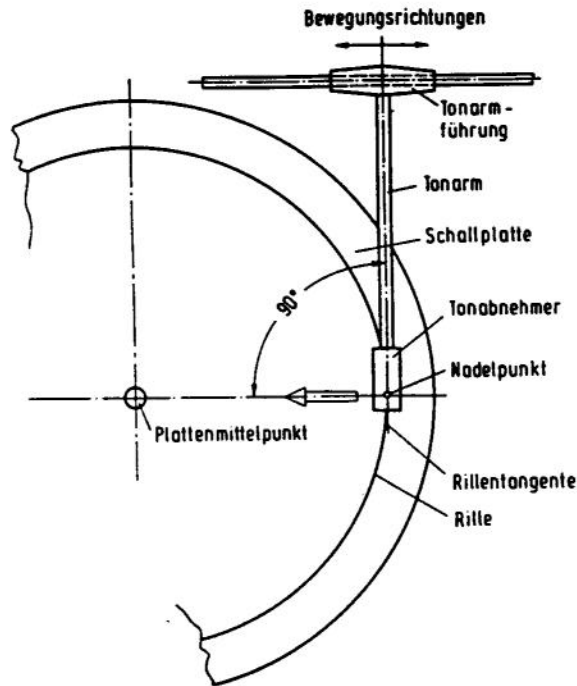
De pickup arm

De pickup arm heeft niet slechts tot taak om het pickup element te herbergen, maar hij moet ook de naald door de groef laten sporen zonder dat daarvoor behalve de naaldkracht en de dwarsdrukcompensatie noemenswaardige andere krachten een rol spelen. Daarvoor spelen behalve die naaldkracht en dwarsdrukcompensatie de geometrie van de arm (effectieve lengte, opzethoek, overstek, de lagering en nog wat factoren een rol.

Geometrie

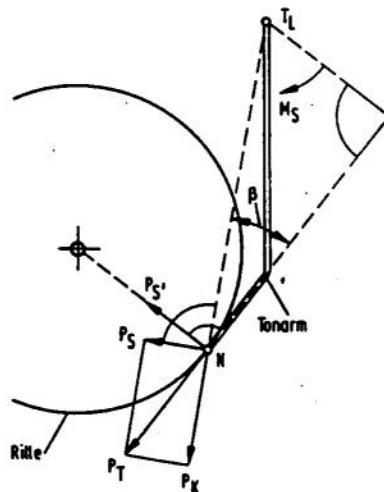
Bij het snijden van een plaat beweegt de in een tangentiële arm gemonteerde snijbeitel zich in radiale richting van de buiten- naar de binnendiameter van die plaat. Zoals de afbeelding hieronder laat zien, heerst voortdurend een hoek van

vrijwel 90° tussen zijn lengte-as en de plaatradius door het midden van de plaat.



Het mooist is natuurlijk wanneer bij plaatweergave dezelfde weg wordt bewandeld. Daarvoor is de tangentiale arm ontwikkeld. Deze arm beweegt met behulp van een servogestuurde elektromotor, die reageert op de geringe scheefstand van het element ten opzichte van de plaatgroef met behulp van een geleiderail radiaal over het plaatoppervlak.

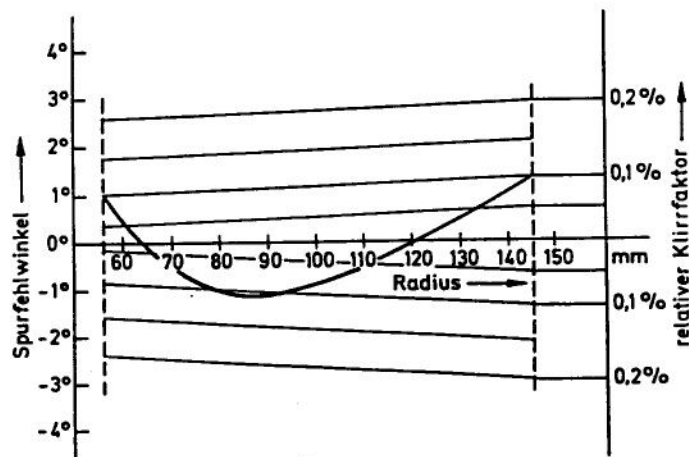
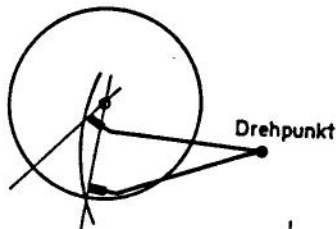
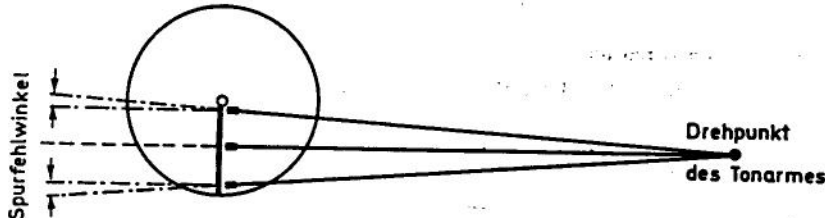
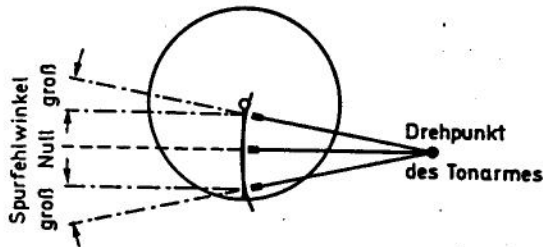
In principe een ideaal, maar ook kostbaar en kwetsbaar systeem, dat vrijwel uitsluitend in dure platenspelers wordt toegepast.



$\tilde{\alpha}$ = opzethoek, T_L = verticaal armlager, N = naaldtip, P_K = kracht in de lengterichting van de arm, P_T = wrijvings-

kracht in de richting van de groeftangentiaal, M_s skatingmoment, P^s skatingkracht, P_s = skatingkracht op de linker groefwand.

Gangbaarder is de radiale zwaaiarm. Omdat deze in een punt buiten het plateau draaibaar is gelagerd, beschrijft de pickup naald van buiten naar binnen over de plaat een boog en niet een door het plaatmidden verlopende rechte, zoals uit onderstaande afbeeldingen blijkt.



Hierdoor ontstaat de zogenaamde tangentiale fouthoek ten opzichte van de ideale 90° aftastrichting. Slechts een oneindig lange arm zou de hier optredende fout kunnen vermijden. Weliswaar zijn (door de bekende Engelse firma SME bijvoorbeeld) wel extra lange (12" of ruim 30cm) armen geconstrueerd,

maar ze vergden erg veel plaats en hadden een grote eigenmassa en massatraagheid, waardoor ze nauwelijks voldeden.

Om de fouthoek bij gangbare 9" (225mm) radiale armen zo gering mogelijk te maken, geeft men ze een S-vorm en past een zogenaamde naar binnen gerichte opzethoek van meestal 24½ toe. Bovendien maakt men zijn effectieve lengte van verticaal lager tot naaldtip groter dan de afstand tussen dat lager en de plateau-as: de zogenaamde overstek, die als regel 17,5mm bedraagt.

Vanwege opzethoek gaat de fouthoek voor twee plaatradiusen door nul. Op die punten, die zo geschikt mogelijk worden gekozen (de grootste aftastvervorming tengevolge van de fouthoek treedt aan de binnen groefradius op) wordt de ideale aftastrichting gerealiseerd. Zolang de tangentiële fouthoek <2° blijft, zijn de ontstane vervormingen gelukkig onhoorbaar. Deze vervorming is toch al kleiner dan de meeste andere optredende afspeelvervormingen.

Sommige pickup armen zijn ook in de hoogte verstelbaar. Het is namelijk de bedoeling, dat de arm zich in volkomen horizontale positie bevindt tijdens het afspelen van een plaat. Gelukkig zijn de afmetingen en de bevestigingswijze van pick up elementen zover gestandaardiseerd, dat hiervoor haast van nature wordt gezorgd.

Lagering van de arm

Om de grammofoonplaat en de pickup naald zoveel mogelijk te ontzien, moeten de lagers van de pickup arm liefst een zo gering mogelijke wrijving bezitten. Anderzijds mag de speling van de lagers ook niet te groot zijn om vervorming en frequentiesprongen te voorkomen. Het traagheidsmoment van de arm moet aan twee voorwaarden voldoen. Enerzijds moet het groot genoeg zijn, dat het bij aftasting van de laagste frequenties een voldoende tegenwicht biedt voor de op de naald inwerkende krachten; anderzijds moet het zo gering zijn, dat door kromme of excentrische platen veroorzaakte armbewegingen geen noemenswaardige tegenstand ondervinden, omdat zulks niet alleen afspeelvervorming maar ook extra slijtage van plaat en naald tot gevolg heeft.

Bij een te grote wrijving van het horizontale armlager bereikt de arm niet eens moeiteloos het plaatmidden, wat groefspringen tot gevolg kan hebben. Is de verticale lagerwrijving groter dan de ingestelde naaldkracht, dan kan de naald de stereogroef niet goed volgen, wat ook tot aftastvervorming leidt.

Geen wonder, dat veel aandacht moet worden geschonken aan een goede armlagering. Voor de verticale armophanging worden zowel kogellagers, glijlagers als meslagers gebruikt. Haast nog mooier zijn vier cardanische puntlagers, die - gemeten aan de naaldtip - slechts een horizontale en verticale wrijvingskracht van 0,1mN bezitten.

Dit betekent, dat de tussen naaldtip en plaatgroef werkzame krachten daadwerkelijk slechts door de naaldkracht en de tijdens het aftasten optredende krachten worden bepaald. Daartoe behoren onder meer de bewegende massa van het pickup

element en de meegaandheid van de naaldlagering, die bekend staat als

Montage van het element

Om het element in de elementhouder in te bouwen leveren de fabrikanten van de platenspeler en het bewuste element niet slechts aanwijzingen, maar ook materiaal: boutjes, moertjes, afstandstukjes en hulpstukken waaronder een inbouwmal of -schablone.

Bij inbouw is het nuttig ook meteen te letten op de laterale balans. De naald moet namelijk in vooraanzicht precies verticaal in de groef rusten. Geringe afwijkingen van deze stand leiden al tot een verslechterde kanaalscheiding en meer plaat/naald slijtage. De juiste verticale stand kan handig worden gecontroleerd door in plaats van de plaat een spiegel-tje te gebruiken om de naald met de pickup lift op te laten zakken: de naald en zijn spiegelbeeld moeten in vooraanzicht precies in elkaars verlengde liggen.

Naaldkracht

De naaldkracht moet niet te groot zijn, maar mag in tegenstelling tot de populaire mening ook niet te klein zijn. Is hij te gering, dan verliest de naaldtip het voortdurende groefcontact, wat niet alleen zwaar vervormde weergave veroorzaakt, maar ook extra slijtage van plaat en naald.

De optimale naaldkracht hangt van de aan de naaldtip gerelateerde massa van het aftaststelsel en de compliantie. Algemeen gelden waarden tussen de 7,5 en 30mN. De meeste fabrikanten van p.u. elementen geven een instelbereik op. Het is verstandig om dan als vuistregel een waarde van ca. 10% onder het opgegeven maximum te kiezen. Wie het precies wil bepalen moet een geschikte test LP met een aftaststest gedeelte te hulp nemen.

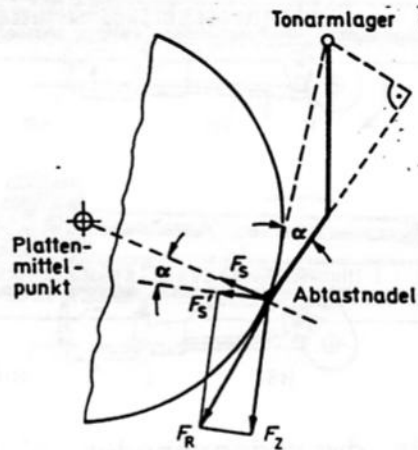
De instelling van de naaldkracht is bij de meeste platenspelers over een groot bereik regelbaar en komt tot stand met behulp van een geijkt contragewicht, een op de arm verplaatsbaar glijgewicht of een op het verticale armlager werkende trekveer, alle ook verbonden met een schaalverdeling. Voordat de naaldkracht instelling aan de hand van de fabrieksspecificaties wordt gemaakt, wordt de arm vrijzwevend in horizontale balans gebracht.

Skatingkracht

Zoals al werd gememoreerd, wordt het pickup element als regel op een slede verplaatsbaar in de elementhouder gemonteerd, zodat de overstek precies instelbaar is. De elementhouder op zijn beurt wordt onder een gegeven opzethoek aan de arm bevestigd. Door de naar binnen gerichte opzethoek ontstaat in de arm een kracht, die zodanig is gericht, dat de arm geneigd is zich naar het plaatmidden te verplaatsen. Deze skatingkracht is verder afhankelijk van de naaldkracht en de naaldtipvorm (en van het feit of men de platen droog of nat afspeelt).

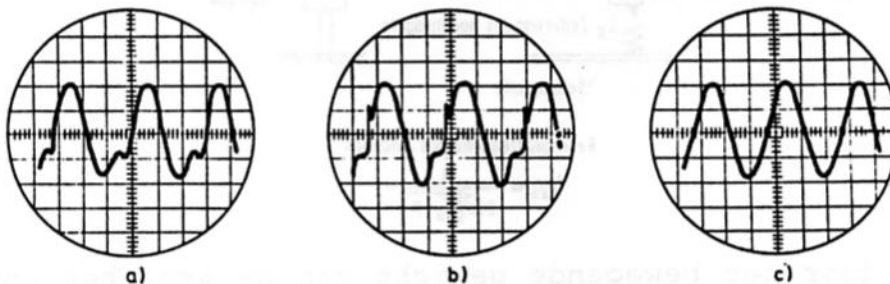
Logisch genoeg is de skatingkracht ongewenst, omdat hij de

naaldkracht op de binnenste groefwand groter maakt dan die op de buitenste. Zodoende wordt de informatie uit het rechter kanaal sterker vervormd dan die uit het linker.



Nogmaals het skatingeffect. F_R = wrijvingskracht tussen naald en groefwand, F_z = kracht in de lengterichting van de arm, F_s' = naar het midden gerichte skatingkracht, F_s = skatingkracht op de groefwand, $F_s = F_s' \cdot \cos \alpha$.

Met behulp van de antiskating voorziening - of dwarsdrukcompensatie - wordt via een hefboomsysteem op de pickup arm voor een tegenmoment gezorgd. Doorgaans gebeurt dat ook met een trekveer, in enkele gevallen met een contragewichtje.

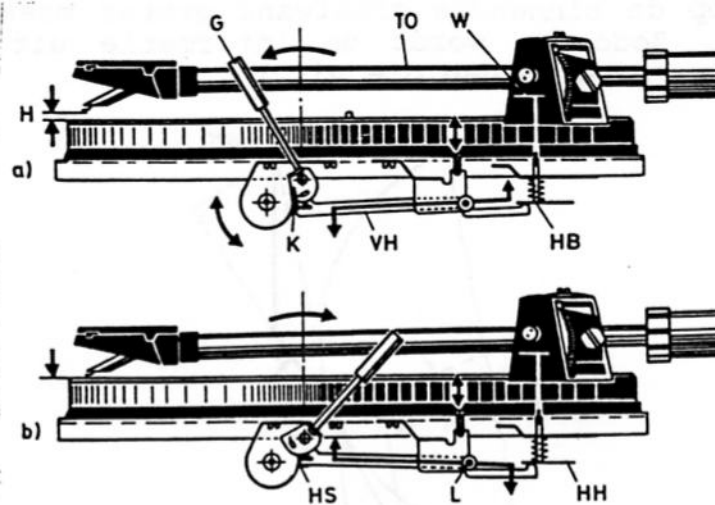


a) De skatingkracht veroorzaakt bij 28mN naaldkracht 10% vervorming in het rechter kanaal, b) bij 25mN wordt dit 17% en c) bij goede dwarsdrukcompensatie ontstaat geen vervorming.

Hier zorgt ook weer een schaalverdeling voor een juiste ijking, idealiter meteen voor diverse naaldtip afrondingen.

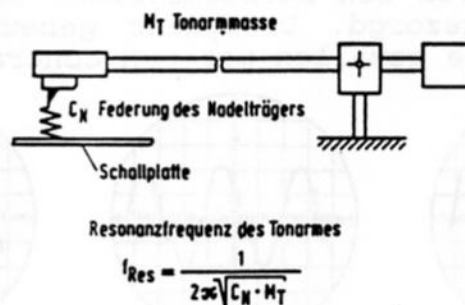
Pickup lift

De pickup lift heeft tot taak om de arm op elk gewenst punt liefst volkomen rechtstandig op de plaat te laten zakken en hem er weer af te lichten, zonder dat men de arm zelf hoeft aan te raken.



Zoals uit bovenstaande dwarsdoorsneden blijkt, werkt de lift vaak als een afgeveerd hefboomsysteem. Belangrijk is vooral, dat de liftwerking niet te abrupt is en dat vooral de daalsnelheid niet te hoog is, zo'n 5mm/s constant. Om tijdens het liftproces verplaatsing van de arm over zijn horizontale steun tegen te gaan, is deze vaak met rubber bekleed.

Resonantiefrequentie



Bepaalde, door het bewegende gewicht van de arm, het contragewicht en de compliantie van het p.u. element en -materiaal afhankelijke frequenties leiden soms tot ongecontroleerde eigentrillingen van het hele systeem; deze doorgaans laagfrequent - tussen 5 en 15Hz - optredende eigenresonanties kunnen goeddeels worden geneutraliseerd met een in tegenfase bewegende "anti resonator", die in het contragewicht is geïntegreerd. Hoogcompliantie p.u. elementen moeten om hinderlijke resonantiefrequenties te voorkomen liefst worden gebruikt in lichte pick up armen met een bewegende massa <10g worden gebruikt, elementen met geringe compliantie bij voorkeur juist in zwaardere armen.

Pickup snoer

Van de vier minuscule kabelklemmetjes in de elementhouder via de armbuis tot aan het doorgaans van (vergulde) cinchstekers voorziene externe snoereinde moet het pickup snoer goed tegen

elektro-magnetische velden zijn afgeschermd om bv. 50Hz netspanning en HF instrooing te voorkomen. Om en negatieve beïnvloeding van de hoge tonen weergave te verhinderen, moet de kabelcapaciteit zich liefst tussen de 150 en 250pF bevinden.

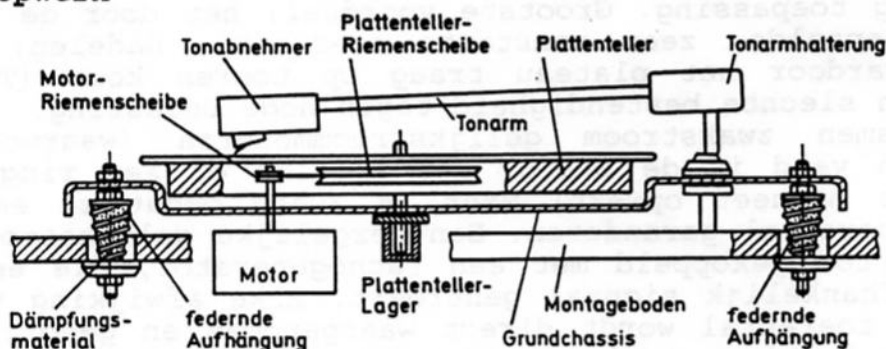
De kleurcode van de montagepunten in de elementhouder is als volgt: rood is R+, groen is R massa, wit is L+ en blauw is L massa.

Doorgaans loopt parallel met het pickup snoer nog een dunne aardleiding, die het chassis van de platenspeler verbindt met de speciale aardklem op de versterker. Of gebruik van deze verbinding zinvol is, moet via de methode van "trial and error" blijken door bij ingeschakelde en (zonder plaatweergave) draaiende platenspeler de versterker in de Phono stand bij volledig opgedraaide volumeknop te beluisteren en vast te stellen, wat minder brom geeft: de aardleiding bevestigd of los. En dienovereenkomstig te handelen.

Niet zelden is nl. sprake van een aardlus, waarbij ook via de groene of blauwe p.u. snoer tak een massaverbinding met de versterker bestaat. Geringe potentiaalverschillen tussen element en spelerchassis veroorzaken dan brom storing. En van deze verbindingen is afdoende.

Dan is er mogelijk nog het euvel van HF instraling op de verbinding tussen pickup en versterker, waardoor men ineens ongewenst bv. Radio Cyprus ontvangt tijdens plaatweergave. De oplossing bestaat uit het bevestigen van daartoe speciaal in de handel zijnde keramische kraaltjes rond de p.u. ingang op de versterker.

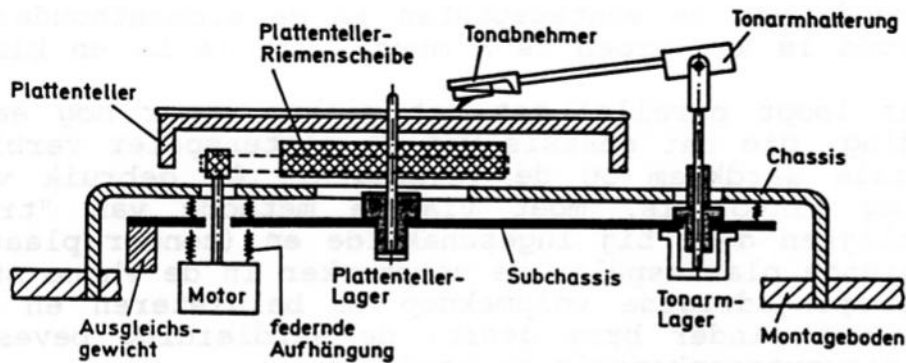
Het loopwerk



Uit bovenstaande illustratie is de fundamentele mechanische constructie van een eenvoudige platenspeler af te leiden. Duidelijk is te zien, dat pickup element- en arm, plateau en een deel van de aandrijving zijn gemonteerd op een verend opgehangen chassis, dat op zijn beurt in de voet van de speler is bevestigd.

Die verende ophanging spreekt voor zichzelf: wanneer schokken en trillingen, bijvoorbeeld veroorzaakt door het verkeer of door op een houten vloer, waarop ook de platenspeler staat, het aftastsysteem bereiken, worden deze hoorbaar. Ook het

motorisch gedeelte zelf kan motordreun of rumble veroorzaken. Mechanische isolatie van het fijngevoelige aftaststelsel met behulp van een subchassis, zoals hieronder wordt getoond, is daarom heel zinvol.



De wegen, waarlangs de rumblestoring de pickup naald bereikt, zijn hierboven met pijltjes aangegeven. Om deze storing cijfermatig aan te geven, wordt gebruik gemaakt van de lineaire en gewogen rumblemeting.

Aandrijfmotoren

Voor de aandrijving van het plateau werden aanvankelijk bij voorkeur eenfase asynchroonmotoren in de uitvoering als spleetpoolmotor gebruikt. Deze hebben een sterk koppel, brengen dus het zware plateau snel op toeren, ze zijn bedrijfszeker en vergen nauwelijks onderhoud.

Ook de uit de oude elektrische klok bekende synchroonmotor vond graag toepassing. Grootste voordeel: het door de netfrequentie bepaalde, zeer constante toerental. Nadelen: gering koppel waardoor het plateau traag op toeren komt (Thorens-effect) en slechte bestendigheid tegen hoge belasting.

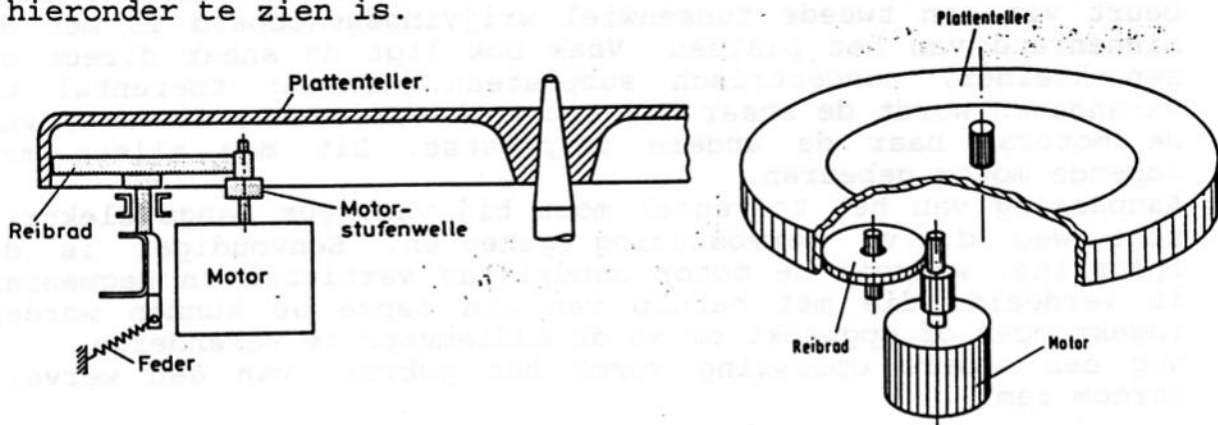
Later kwamen zwakstroom gelijkstroommotoren (waarvoor het magnetisch veld in de stator met spoelen of een ringvormige permanente magneet opwekt) meer in zwang omdat ze een constant toerental garanderen. Een dergelijke gelijkstroommotor wordt daartoe gekoppeld met een tachogenerator, die een frequentie-afhankelijk signaal genereert. Elke afwijking van het standaard toerental wordt direct waargenomen en gecorrigeerd. Noch de belasting, noch temperatuur- en lichtnet spanningsfluctuaties krijgen zo een kans om het toerental te beïnvloeden. Op deze manier bereikt men, dat de afwijking van het toerental $<0,2\%$ blijft. Bovendien bezit een gelijkstroommotor een groot draaimoment, zodat het plateau snel op toeren is.

Tussenwiel aandrijving

Omdat het toerental van de motor behalve bij direct aangedreven platenspelers altijd hoger is dan de toerentallen van de af te spelen plaat, moet tussen motoras en plateau een vertraging worden aangebracht. Daarvoor bestaan een paar oplossingen.

Bij tussenwiel aandrijving neemt een met rubber bekleed tus-

senwiel het draaimoment van de motor wrijvingsgekoppeld over en brengt het over op de binnenrand van het plateau, zoals hieronder te zien is.



De motoras bezit twee (of drie) diameters, overeenkomstig de plaat toerentallen van $33 \frac{1}{3}$ en 45 t.p.m. (78t). Via een mechanische omschakeling (hefboom) wordt het tussenwiel op het voor de betreffende plaatsoort bestemde motorasgedeelte gebracht.

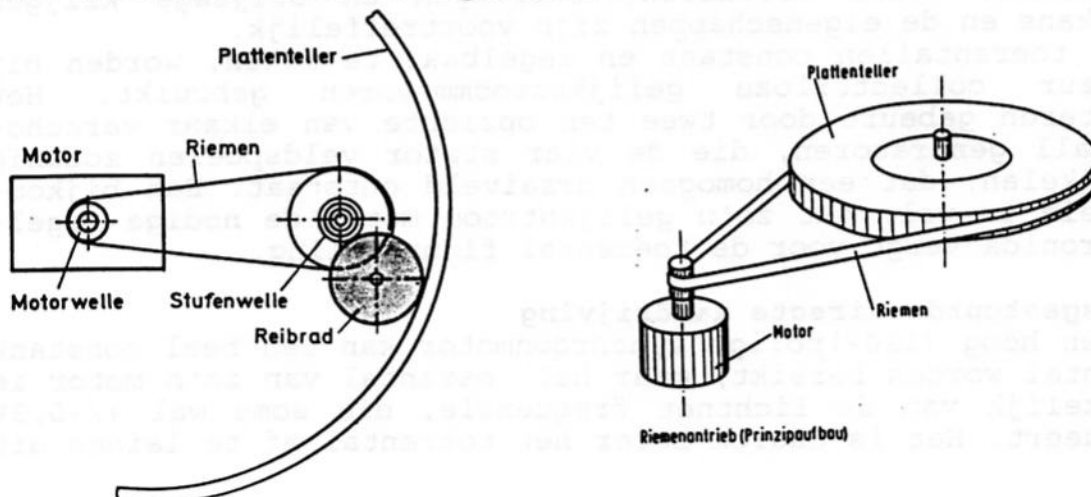
Een behoorlijke platenspeler beschikt over een mogelijkheid om het toerental bij te regelen. Meestal over een bereik van $\pm 3\%$ overeenkomstig een halve toon bij $33 \frac{1}{3}$ t.p.m.

Dit kan gebeuren door de bewuste segmenten van de as iets taps te laten verlopen (de Lenco oplossing), maar het kan ook mooier door een elektrische toerentalregeling, die op de motor werkt.

Nadelen van de tussenwiel aandrijving zijn, dat ondanks de mechanische ontkoppeling bij stilstande motor het tussenwiel aan mechanische vervorming (afplatting) bloot staat (en vervangen moet worden) en dat alle motortrillingen heel direct op het plateau en dus op de p.u. naald worden overgebracht. Spelers met tussenwiel hebben daarom vrijwel altijd ongunstiger rumblewaarden dan snaaraangedreven spelers.

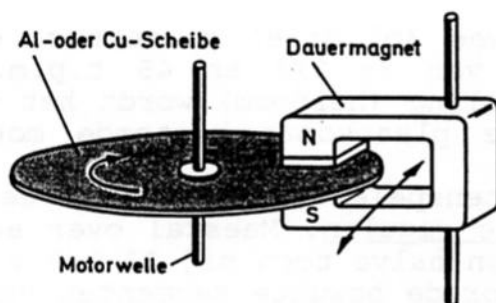
Snaaraandrijving

Terecht wordt snaaraandrijving kwalitatief hoger aangeslagen als voorbehoedsmiddel tegen rumble.



Zoals uit de afbeelding blijkt, verbindt een platte riem van synthetisch rubber de motoras met een tussenwiel, dat op zijn beurt via een tweede tussenwiel wrijvingsgekoppeld is met de binnenrand van het plateau. Vaak ook ligt de snaar direct om een kleiner, concentrisch subplateau. Om van toerental te veranderen wordt de snaar met een vork van de ene diameter van de motoras naar de andere verplaatst. Dit mag alleen met lopende motor gebeuren.

Aanpassing van het toerental moet bij voorkeur langs elektrische weg d.m.v. servosturing gebeuren. Eenvoudiger is de oplossing, waarbij de motor aandrijfas verticaal in segmenten is verdeeld, die met behulp van een tapse as kunnen worden ingekrompen of opgerekt om zo de asdiameter te veranderen. Nog een andere oplossing vormt het gebruik van een wervelstroom rem.



Daartoe bevat de motoras een schijfje koper of aluminium, dat door een beweeglijke permanente magneet, die ten opzichte van het schijfje kan worden gedraaid, wordt afgeremd. Voordeel van snaaraandrijving is de geringe rumble, nadelen zijn slip en slijtage. Na verloop van tijd moeten de snaartjes dus worden vervangen.

Directe aandrijving

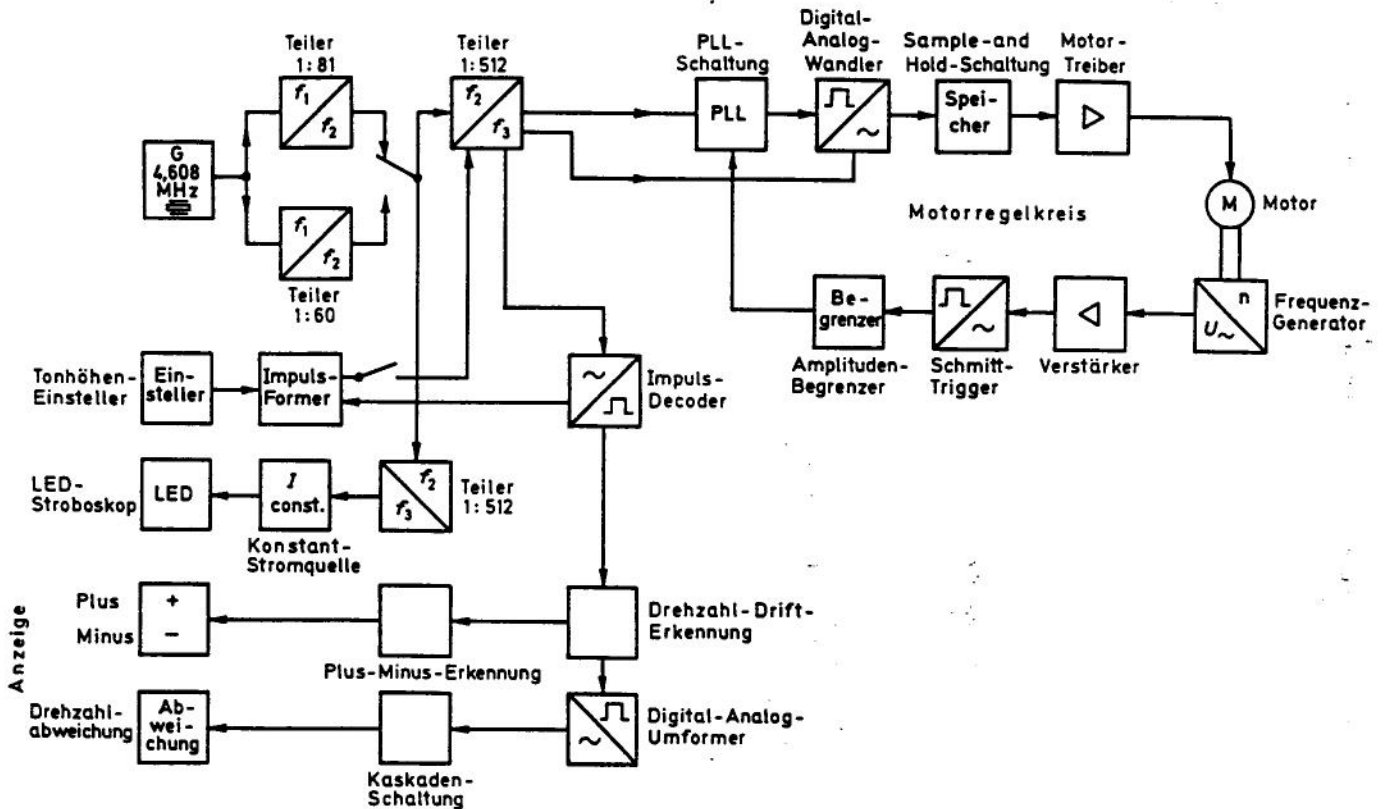
De thans meest gangbare aandrijfvorm is directe aandrijving, waarbij de motoras en de plateau-as dezelfde zijn. De gelijk- of wisselstroommotor draait op het gewenste platen toerental, zodat iedere vorm van overbrenging overbodig is. Alle verdere mechanische delen vervallen, storingen en slijtage krijgen geen kans en de eigenschappen zijn voortreffelijk.

Om de toerentallen constant en regelbaar te maken, worden bij voorkeur collectorloze gelijkstroommotoren gebruikt. Het comuteren gebeurt door twee ten opzichte van elkaar verschoven Hall generatoren, die de vier stator veldspoelen zodanig inschakelen, dat een homogeen draaiveld ontstaat. Een bijkomstigheid is wel, dat zo'n gelijkstroom motor de nodige regel-elektronica vergt voor de toerental fijnregeling.

Kwartsgestuurde directe aandrijving

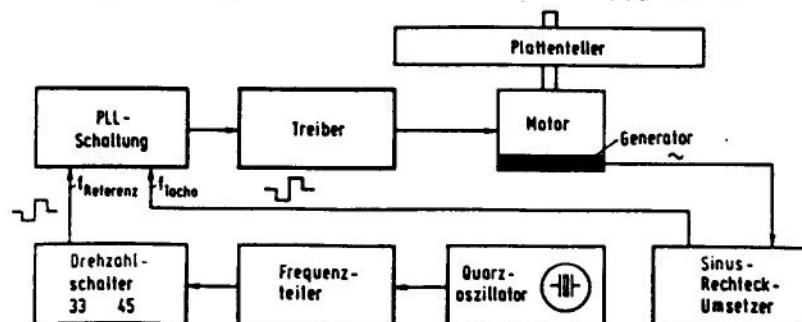
Met een hoog (120-)polige synchroommotor kan een heel constant toerental worden bereikt, maar het toerental van zo'n motor is afhankelijk van de lichtnet frequentie, die soms wel $\pm 0,3\%$ fluctueert. Het is daarom beter het toerental af te leiden uit

een kwartsgenerator, die een factor 100 nauwkeuriger is. In de kwarts oscillator wordt een trilling van 4,608MHz opgewekt, die via een frequentiedeler in de verhouding van resp. 1:81 tot 56,8kHz (33t.) en 1:60 tot 76,8kHz (45t.) wordt teruggeregeld. Beide frequenties worden daarna nogmaals in de verhouding 1:512 tot de definitieve referentiewaarden van resp. 111,1Hz en 150Hz gereduceerd en vormen de uitgangswaarden voor de stuurkring van de motor.



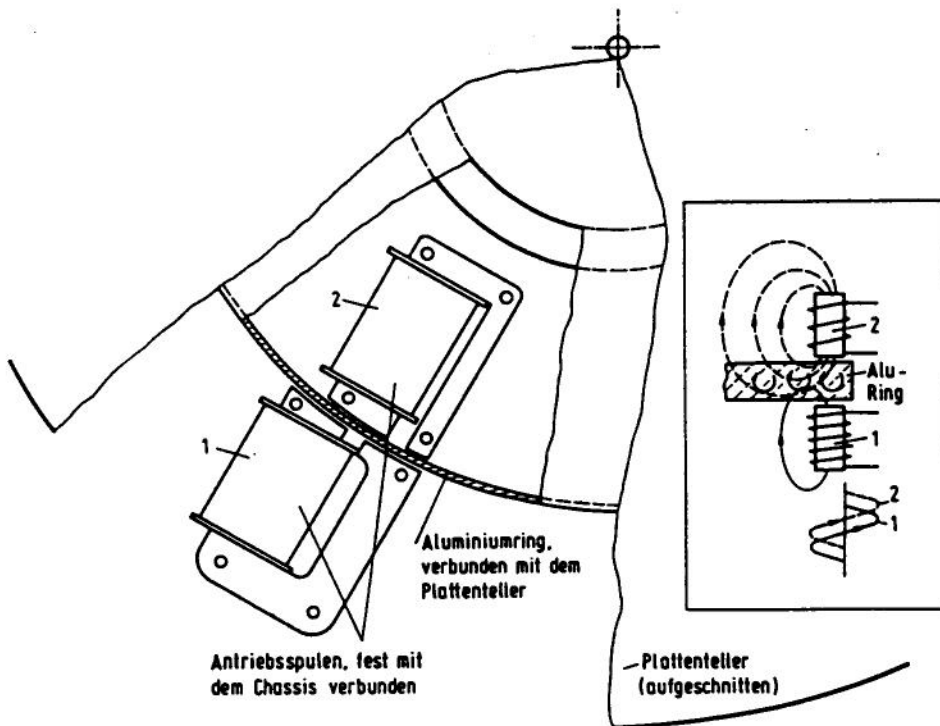
Blokschema kwartsgestuurde platenspeler

De motor is star gekoppeld met een 200-polige frequentiegenerator, die een exacte, met het toerental evenredige sinusvormige spanning levert. Bij precies 33 1/3 t. is die frequentie 111,1Hz, bij 45t. 150Hz. Deze wisselspanning is de werkelijke waarde van de stuurkring. In de volgende versterker wordt deze werkelijke waarde ca. 43dB bekrachtigd en worden de stoofrequenties weggefilterd. Een Schmitt-Trigger zet het zo versterkte signaal om in een blokgolf; een begrenzer zorgt voor de amplitude-aanpassing aan het niveau van de logische schakeling.



In de PLL schakeling worden per plateau-omwenteling de norm- en de werkelijke waarde in de vorm van een zeer gevoelige fasevergelijking met elkaar vergeleken. Aan de uitgang van de PLL schakeling ontstaat een blokgolf signaal, waarvan de maatverhouding een exacte maat vormt voor de afwijking van het toerental.

Dit signaal is nog niet geschikt om de motor te corrigeren en wordt daarom eerst door een D/A omzetter behandeld. In de daarop volgende Sample-and-Hold schakeling wordt het stuursignaal zolang opgeslagen, tot de volgende meetcyclus begint, onafhankelijk van het feit, hoe lang de bijregeling van de motor vergt. De analoge regelspanning wordt tenslotte in een analoge stroomverandering omgezet, die invloed uitoefent op het toerental van de motor. Daarmee is de stuurkring gesloten.



Tangentiale loopwerk aandrijving (B & O)

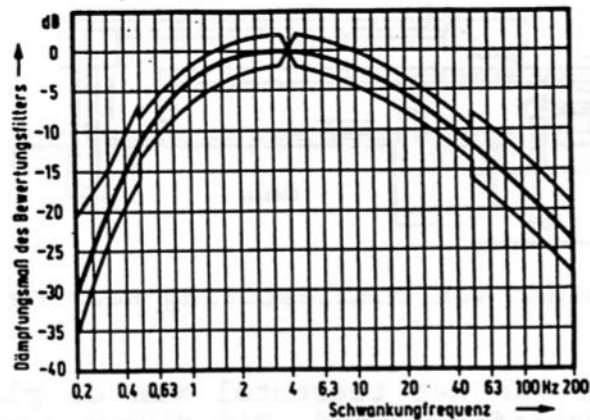
De toerental fijnregeling werkt in dit geval door de impulsbreedte van de blokgolf te wijzigen en via de D/A omzetter door te geven.

Een variant op de directe aandrijving is de tangentielle aandrijving met behulp van een wervelstroom motor, waarbij het plateau de rol van rotor speelt

Plateau en zweving

Wanneer het toerental van het plateau in een bepaald ritme verandert, spreekt men van zweving, die door het oor als zodanig wordt waargenomen. Valt de zwevingsfrequentie onder de 5Hz dan heet dat in goed Engels wow, valt deze tussen de 5 en 100Hz, dan heet het flutter. Volgens DIN mag de zweving maxi-

maal $\pm 0,2\%$ bedragen. Een goede direct aangedreven platenspeler haalt lineair gemeten $\pm 0,035\%$ en gewogen bepaald $\pm 0,02\%$ DIN/WRMS.



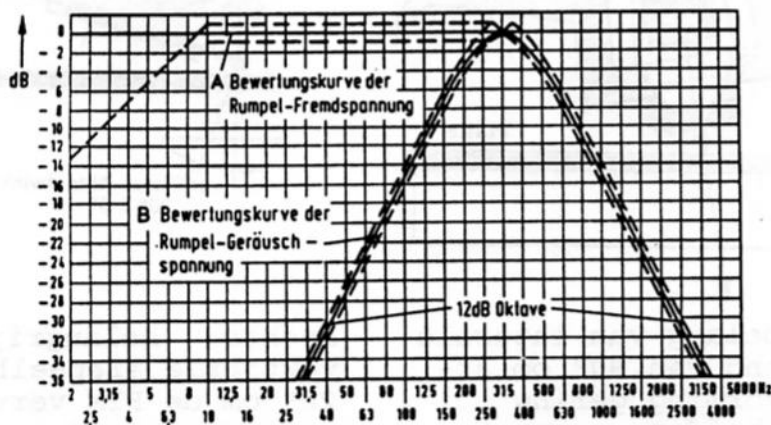
Weegcurve bij zwevingsmeting vlg. DIN

De vliegwielerwerking van het plateau gaat het optreden van zweving tegen. Hoe hoger het toerental en hoe zwaarder het plateau, des te geringer is de zweving.

De toerentallen van platenspelers zijn laag, maar met name door de massa van het plateau aan de buitenrand te concentreren en door antimagnetische (om invloed op magnetische pickup elementen te voorkomen) aluminium- en zinklegeringen toe te passen en de massa op 3-5kg te houden, lukt het aardig zweving tegen te gaan. Zeker als zo'n plateau ook nog netjes dynamisch is uitgebalanceerd.

Waar de toerental fijnregeling doorgaans een bereik van $\pm 3\%$ heeft, mag de afwijking van het nominale toerental bij behoorlijke platenspelers niet meer dan $\pm 1,5\%$ bedragen.

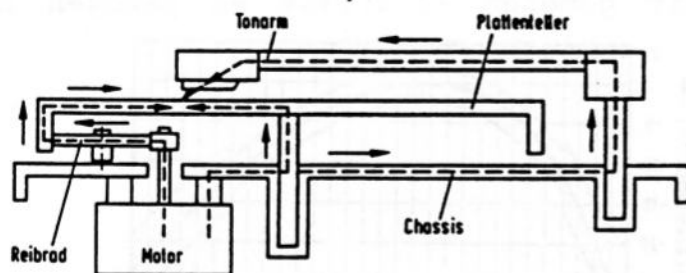
Rumble



DIN weegcurves voor rumble meting

De met behulp van een speciale meetplaat uitgevoerde rumblemeting aan platenspelers moet lineair gemeten $>35\text{dB}$ zijn en gewogen gemeten $>55\text{dB}$. Beide uitgaande van 10cm/s bij 1kHz . Een behoorlijke direct aangedreven platenspeler haalt resp. 54

en 80dB!

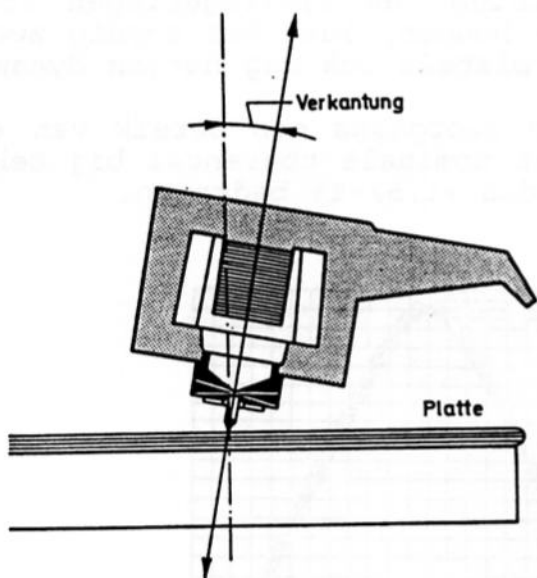


Mogelijke wegen van rumblestoring naar de p.u. naald

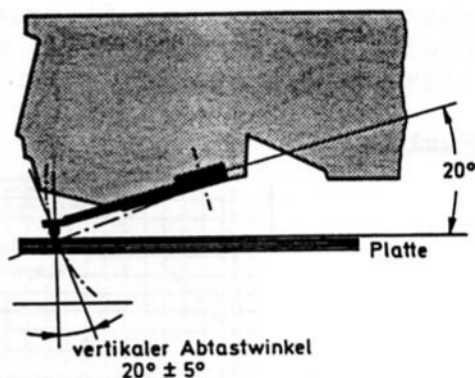
Stroboscoop

Voor de controle van het toerental van de platenspeler dient een stroboscoopschijf of -rand. Bij direct aangedreven platenspelers wordt daarvoor een uit de kwartsoscillator afgeleide deelfrequentie benut.

Een losse stroboscoopschijf bevat per toerental een streepjespatroon, dat bij het juiste toerental, beschenen door een op het 50Hz wisselstroomnet als optisch bedrog stil lijkt te staan. Voor landen met 60Hz netfrequentie is voor afzonderlijke streepjespatronen gezorgd.



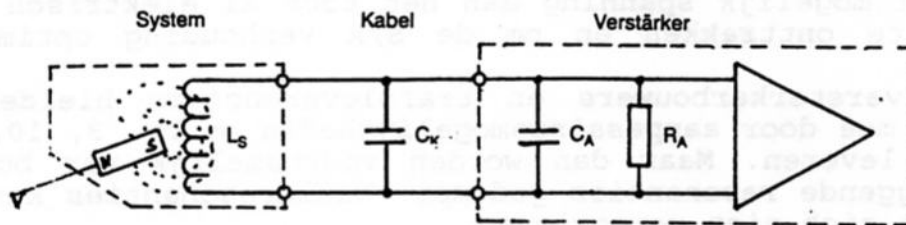
Links: belang van laterale naaldstand van 90° om af-tastvervorming gering en kanaalscheiding groot te houden



Rechts: belangrijk is de verticale afspeelhoek van 20° om de FIM vervorming gering te houden

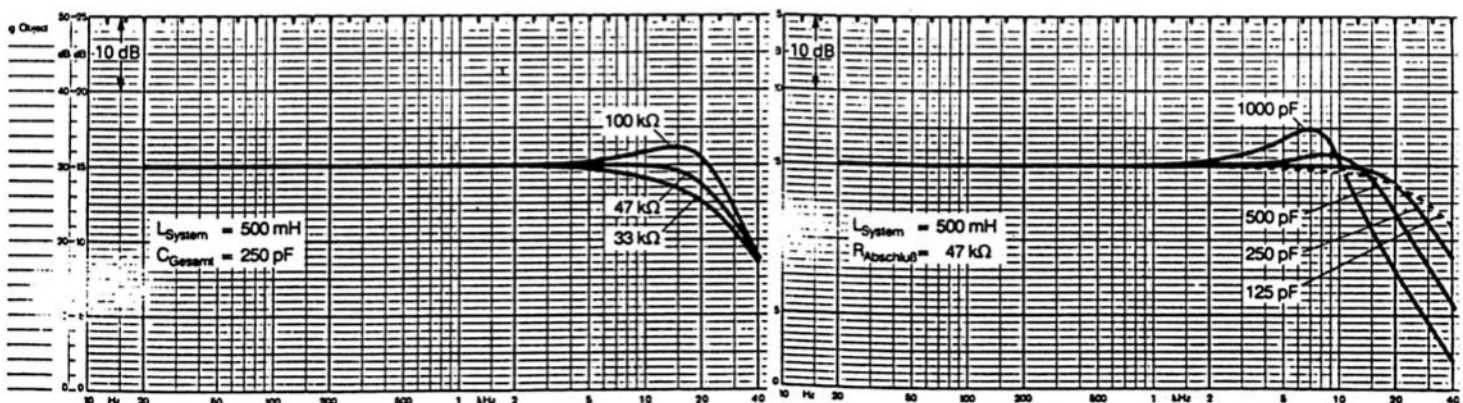
VALKUILEN: DE PICK UP - VERSTERKER INTERFACE

Bij een Moving Magnet of MagnetoDynamisch pick up element is een minuscule magneetje aan het naaldarmatuur bevestigd, dat in een vast aangebrachte spoel een met de snelheid van de diamantnaald evenredige spanning in die spoel induceert. Omdat de ruisarme versterking groot genoeg is, moeten de (stereo) spoeltjes veel windingen hebben. Dat betekent echter een hoge inductiviteit, in de orde van de 500 mH en daarmee ontstaat een probleem. Samen met de capaciteiten van het pickupsnoer en de versterkeringang ontstaat namelijk een 2e orde low pass filter met een grensfrequentie rond de 20kHz en een steilheid van 12dB/octaaf. In een enkel geval hielp de versterkerfabrikant, door de MD omschakelbaar te maken tussen 20, 33, 47 en 100kOhm.



Principe schakeling van pickup element en versterker.

Onderstaande figuren verduidelijken de invloed van de diverse afsluitweerstand en -capaciteiten. Optimaal werkt een doorsnee MD element bij de internationaal genormde afsluitweerstand van 47k Ω en een totale capaciteit van ca. 250pF. Dat een afval van ca. 2,5dB bij 20kHz blijft bestaan, is niet zo erg. De mechanische naaldresonantie, bepaald door de compliantie van het vinyl plaatmateriaal, de eindige stijfheid van het naaldarmatuur en de massa van de bewegende delen, corrigeert dit tekort. De plaats en de grootte van deze resonantie bepalen uiteindelijk samen met de inductiviteit welke capaciteit optimaal is.



Invloed van de afsluitweerstand op het frequentieverloop van een MD element.

Relatie tussen frequentieverloop van 'n MD element van de afsluitcapaciteit.

Bij metingen van het frequentieverloop van MD elementen beveelt IHF norm A-202 aan om het systeem in kwestie te meten met 500mH in serie met 1kOhm en parallel daaraan 125pF.

Wat te doen bij een te hoge ingangscapaciteit? Een korter, dunner p.u. snoer helpt niet echt. Vaak het verwijderen van de zich aan de versterkeringang bevindende condensatoren ook niet, omdat dan het risico bestaat, dat het CB geleuter van de buurman wordt binnengehaald. Het beste is, een element te kiezen met een geringere inductiviteit.

Bij Moving Coil (MC) elementen, waarin in plaats van het magneetje een spoeltje beweegt, heeft men minder te maken met klankbeïnvloeding door condensatoren en weerstanden, al is de juiste (meest laagohmige) aanpassingsweerstand wel van belang om zoveel mogelijk spanning aan het toch al elektrisch zwakke systeem te onttrekken en om de S/R verhouding optimaal te laten.

Sommige versterkerbouwers en trafoleveranciers hielden hier rekening mee door aanpassingsmogelijkheden op bv. 3, 10, 30 en 100Ω te leveren. Maar dan worden voornamelijk ver boven de 20kHz liggende resonanties gedempt. Naaldresonanties kunnen MC elementen zich niet veroorloven.