

DE GRAMMOFOONPLAAT

De oudste geluidsdrager is weliswaar langzamerhand in onbruik geraakt, toch is het goed er nog summier aandacht aan te schenken.

Wat historie

De ontwikkeling van de grammofoonplaat, te beginnen in het jaar 1877 met de "was- en later tinfohierol" van Edison en de een paar jaar later door Berliner geïntroduceerde "oer grammofoonplaat" verliep langzaam en moeizaam.

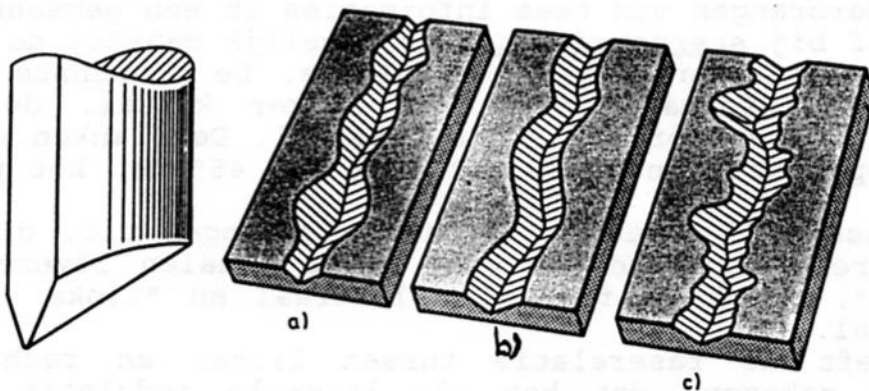
De geschiedenis van het medium bestaat uit een lange reeks kleine verbeteringen, die ongeveer honderd jaar in beslag nam. Tot begin jaren vijftig ging het louter om 25- en 30cm schellakplaten, die gemiddeld met 78 toeren per minuut draaiden.

Hun korte speelduur - 3 minuten voor een 25cm exemplaar, 4,5 minuut voor de 30cm dito - hun kwetsbaarheid en de sterke plaatruis stonden een grote verbreiding in de weg.

In de beginfase werden de geluidstrillingen via een membraan aan het uiteinde van een trechter aan een snijbeitel doorgegeven. Deze beitel graveerde de trillingen als spiraalvormige slingergroef in een zachte drager. Bij weergave werd het omgekeerde principe toegepast. Omdat het geheel in principe geen vertaling in elektrische grootheden nodig had, kon het lang met zuiver mechanische middelen voort. Pas de elektrificatie van de microfoon en de radiobuis vormden de basis voor de elektrische signaalversterking.

Pas de uit vinyl vervaardigde 30- en 25cm langspeelplaat (LP), die met 33 1/3 t.p.m. draaide en wat later de 17cm 45t. plaat en de microgroef verhoogden de speelduur en de kwaliteit dusdanig, dat ook langere muziekwerken praktisch op de plaat konden worden ondergebracht en heel genietbaar konden worden weergegeven.

Geleidelijk verbeterende opnametechnieken (tot digitaal aan toe in de jaren zeventig) sinds de "elektrificatie" hiervan in 1928, geperfectioneerde snij- en aftastmethoden, de introductie van stereo in 1957, elektro-mechanisch betere platenspelers, stiller plaatmateriaal en verfijndere technieken als "Direct Cut" en "Direct Metal Mastering" brachten de weergavekwaliteit op hoog peil.

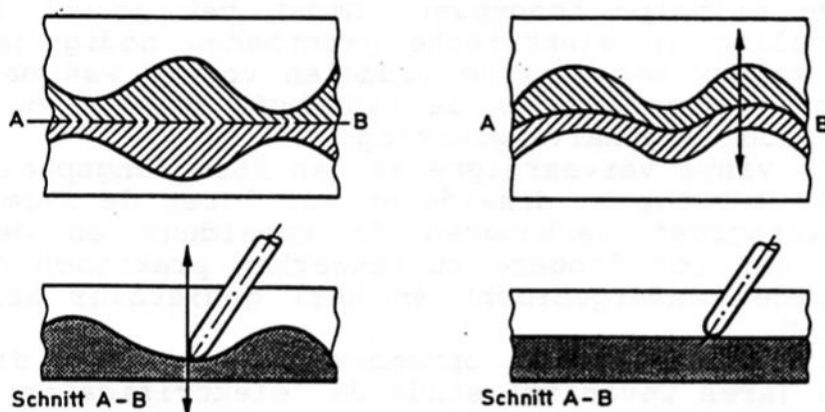


De opname vond jarenlang plaats met behulp van een speciaal gevormde snijbeitel met driekantig profiel op een met speciale lak bedekte metalen plaat (zie vorige bladzijde). Om gladdere groefwanden te verkrijgen, werd de beitel elektrisch verwarmd; de tijdens het snijproces ontstaande spaanders werden meteen afgezogen. Ter voorkoming van eigenresonanties werd de aandrijving van de naald krachtig gedempt met behulp van tegenkoppeling.

Modulatiemethodes

Fundamenteel bestaan twee mogelijkheden om geluidsinformatie op een plaat vast te leggen: de in 1877 door Edison ontwikkelde verticale modulatie, a) hierboven en de in 1888 door Berliner toegepaste laterale modulatie b). Om gelijktijdig twee informaties te kunnen vastleggen, zoals dat bij stereofonie (en later quadrafonie) nodig was, werd al in 1931 door A.D. Blümlein de flankmodulatie c) uitgevonden.

Bij de verticale modulatie wordt de snijbeitel door het aandrijfsysteem verticaal op en neer bewogen. Dit "heuvel en dal" principe is behalve voor enkele toepassingen bij test- en meetplaten al lang verlaten. Zie linker afbeelding hieronder.



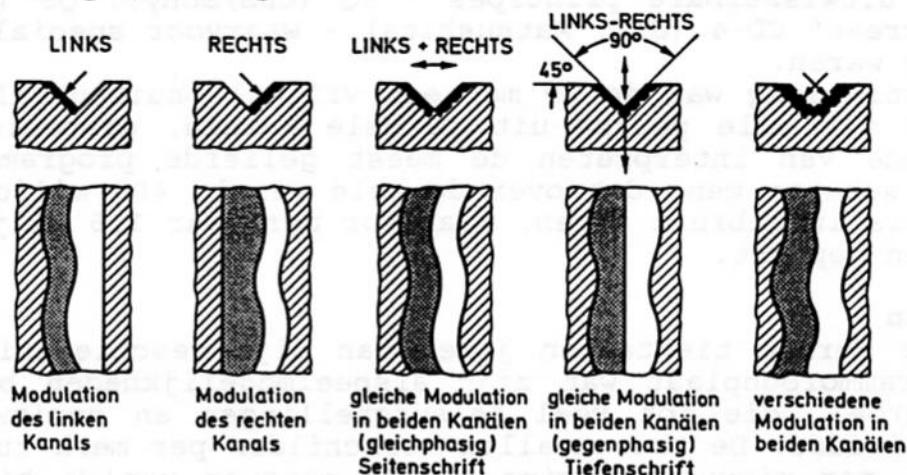
Bij de laterale modulatie beweegt de snijbeitel parallel met de plaat en graveert een slingerpad met gelijkblijvende groefdiepte. Alle mono LP's werden bijvoorbeeld volgens deze techniek gemaakt; zie rechter afbeelding hierboven.

Het onderbrengen van twee informaties in een gemeenschappelijke groef bij stereomodulatie is mogelijk dankzij de combinatie van verticale en laterale modulatie. De binnenste groefflank bevat de informatie voor het linker kanaal, de buitenste groefwand die voor het rechter kanaal. De flanken staan loodrecht op elkaar en maken een hoek van 45° met het plaatoppervlak.

De aftastnaald slaat nu in vier richtingen uit, die samen de resulterende componenten voor beide kanalen leveren "links", "rechts", "links + rechts" = lateraal en "links - rechts" = verticaal.

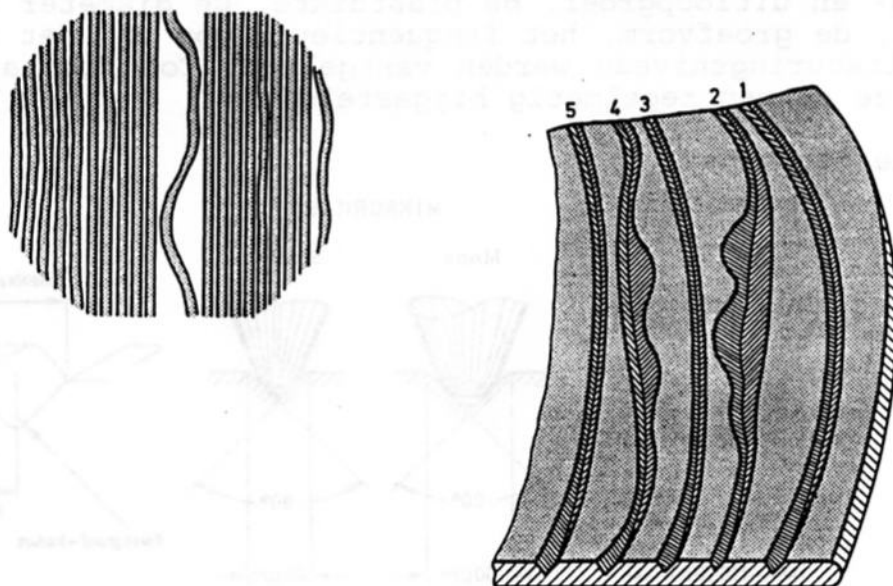
Men heeft de faserelatie tussen linker en rechter kanaal zodanig gekozen, dat het als laterale modulatie optredende

somsignaal het monosignaal levert. Op deze manier is het mogelijk om stereo LP's goed in mono weer te geven: de compatibiliteit is gewaarborgd.



Variabele speed

Tussen de groeven moet zich natuurlijk altijd een wand bevinden om de groeven niet in elkaar te laten lopen en de naald stuurloos te maken. Wanneer zekerheidshalve om grote (bas) amplitudes te kunnen verwerken een constante royale afstand tussen de groeven onderling wordt aangehouden, komt dat een behoorlijke benutting van het plaatoppervlak, dus van de haalbare speelduur niet ten goede.



Rhein ontwikkelde in 1950 de 78t plaat met tot 8 minuten per kant verlengde speelduur. De speed, waarmee de groef wordt gesneden is variabel en wordt automatisch elektronisch door het te registreren signaal gestuurd. Ook bij het snijden van LP's werd dankbaar van dit principe gebruik gemaakt

Maar er waren ook mislukkingen, bijvoorbeeld in de vorm van quadrafonie, vierkanaals ruimtelijke weergave volgens drie, niet uitwisselbare principes - SQ (CBS/Sony), QS (Sansui) en "discreet" CD-4 (JVC, Matsushita) - waarvoor speciale decoders nodig waren.

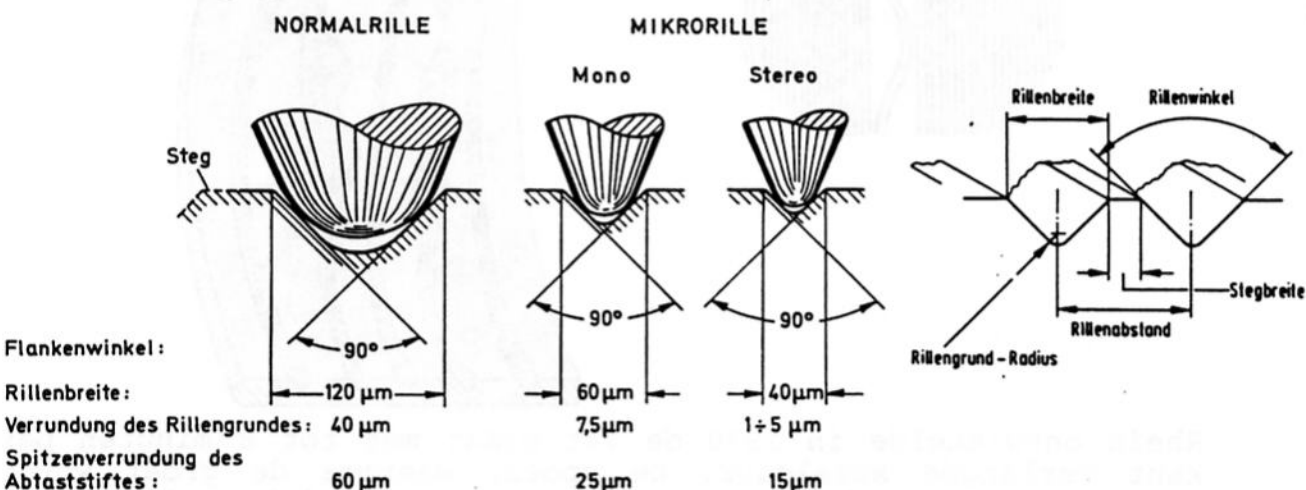
Decennia lang was de LP met een vrijwel onuitputtelijk repertoire uit alle genres uit de hele wereld, gespeeld door een miriade van interpreten de meest geliefde programmabron. In 1979 schatte men, dat over de hele wereld 400 miljoen platen-spelers in gebruik waren, waarvoor per jaar 1,5 miljard platen werden geperst.

Normen

In de eerste tientallen jaren van zijn geschiedenis beleefde de grammofoonplaat wat zijn afspeelmogelijkheden betreft een wildgroei, die tot veel teleurstellingen en onuitwisselbaarheid leidde. De toerentallen verschilden per merk tussen de 75 en 85 per minuut, sommige platen moesten van de binnen- naar de buitendiameter worden gespeeld, de meeste "van buiten naar binnen", maar erger nog waren de verschillen in snijtechniek en opname/weergave correctie.

Om te garanderen, dat elke plaat overal ter wereld op elk normaal afspeelapparaat kon worden gebruikt, werden sinds de jaren vijftig normen vastgelegd. Het bekendst zijn de IEC normen 98 en 98-1 en de DIN normen 45.547 (33t.) - als aanhangsel versie 1962 bij deze tekst gevoegd - en 45.546 (45t.). Niet alleen de toerentallen, de plaatdiameters, de gegevens van de in- en uitloopgroef, de plaatdikte, de diameter van het middengat, de groefvorm, het frequentieverloop bij het snijden en het uitsturningsniveau werden vastgelegd. Tot februari 1979 werden deze normen regelmatig bijgesteld!

Technische gegevens



De oude, puur mechanisch werkende weergave apparatuur, vergde omdat nog niet van versterking sprake was, een diepe groef met grote amplitudes en een hoog toerental: de "normale" groef.

Met de invoering van elektro-mechanische aftasting konden kleinere amplitudes, smallere groeven en lagere toerentallen (tot het 16 2/3t. systeem voor gesproken woord) worden gebruikt. Voor de microgroef, die voor mono en stereo verschillende afmetingen heeft, gelden de bovenstaande afbeeldingen en de volgende afspraken.

De beide flanken van de groef staan loodrecht op elkaar. De onderkant van de groef is enigszins afgerond (straal ca. $8\mu\text{m}$). De breedte bedraagt ca. $55\mu\text{m}$ voor mono- en ca. $40\mu\text{m}$ voor stereo LP's. De groefwand moet tenminste $10\mu\text{m}$ bedragen. Onge-moduleerde groeven hebben een minimale onderlinge afstand van $70\mu\text{m}$. maximaal gemoduleerde van $130\mu\text{m}$ bij een amplitude-uitslag tot $30\mu\text{m}$.

Een stereogroef heeft in principe niet meer ruimte nodig, maar om aan dezelfde speelduur te komen, zijn de breedte en de diepte daarvan iets gereduceerd.

De diverse plaattypes zijn als volgt met symbolen op het etiket gekenmerkt:

Bezeichnung (M = Mono, St = Stereo)	Symbol	Nenndurch- messer in cm	Drehzahl in 1/min	Normblatt DIN
Schallplatte M 45		17	45	45536
Schallplatte M 33		30	33 1/3	45537
Schallplatte St 45		17	45	45546
Schallplatte St 33		30	33 1/3	45547
Schallplatte N 78*		25	78	

RIAA karakteristiek

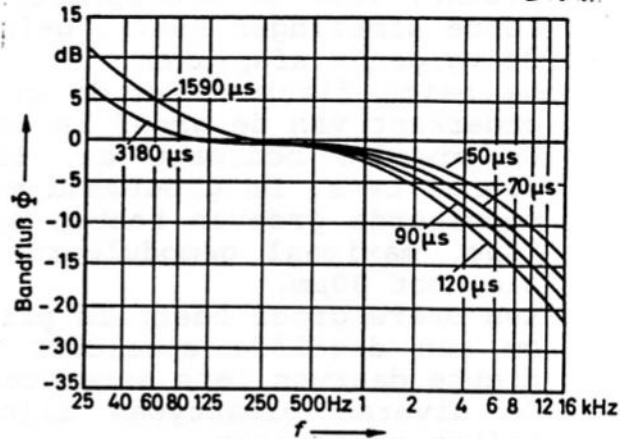
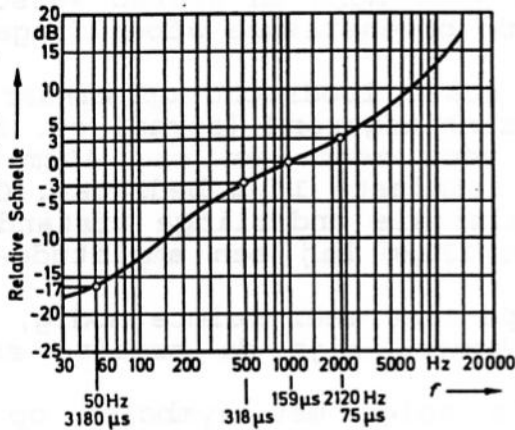
Een maat voor de zijdelingse uitslag van een groef bij een gegeven toerental en een gegeven frequentie is de bewegings-snelheid van de naald. De piekwaarde daarvan wordt als snelheid v aangeduid. De piekwaarde hiervan neemt toe met de amplitude en de frequentie van het audiosignaal.

De consequentie is, dat wanneer men platen met constante snelheid zou snijden, de groefuitslag omgekeerd evenredig zou zijn met de frequentie, dus bij lage frequenties groot en bij hoge frequenties gering.

Niet alleen zou daardoor de groefuitslag naar de lage frequenties toe onmogelijk groot worden (veel plaats vergen en zware eisen stellen aan de beweeglijkheid van de aftastnaald) en naar de hoge frequenties toe zo klein, dat het afgetaste signaal in de ruis verdwijnt. Vandaar, dat een geluidsregistratie met constante snelheid over het hele frequentiebereik onmogelijk is.

Daarom heeft men de RIAA (Record Industry Association of

America) en de DIN 45.541 norm afgesproken. Daarin is bepaald, dat de registratie niet zozeer met constante snelheid, maar met een in principe constante amplitude geschiedt. Dat betekent een met de frequentie toenemende snelheid.



Links: RIAA LP opnamekarakteristiek, rechts ter herinnering compact cassette- en FM stereo correctiekarakteristieken.

De snijcurve heeft twee gedeeltes - het ene tussen 50 en 500 Hz en het andere tussen 2.120 en 15.000 Hz - waar de uitslag vrijwel constant is. Deze gedeeltes gaan continu in elkaar over. In het laagste frequentiegebied wordt de uitslag groter om een betere S/R verhouding (plaatrumble!) te bereiken. Het juiste verloop van de snijcurve wordt met behulp van de overgangsfrequenties of de tijdconstanten aangegeven. Die tijdconstanten kunnen met deze formule worden berekend:

$$\tau = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Dit levert de volgende gegevens op:

Übergangsfrequenz	Zeitkonstante	relative Schnelle
50 Hz	3180 µs	- 17 dB
500 Hz	318 µs	- 3 dB
1000 Hz	159 µs	0 dB
2120 Hz	75 µs	+ 3 dB

Bij de laagste frequenties is de maximale uitslag gegeven door de afstand tussen de groeven en de minimale door de noodzakelijke S/R verhouding. Voor hoge frequenties wordt de kleinste uitslag bepaald door de ruisspanningsafstand en de grootste door de afrondingsstraal van de naald op de raakpunten met de groef.

Om een idee te krijgen van met welke snelheden platen worden gesneden, helpt onderstaande tabel.

Schallplattentyp	Drehzahl in 1/min	Schnelle in cm/s
Stereo	33 1/3	10
Stereo	45	8
Mono	33 1/3	8
Mono	45	12

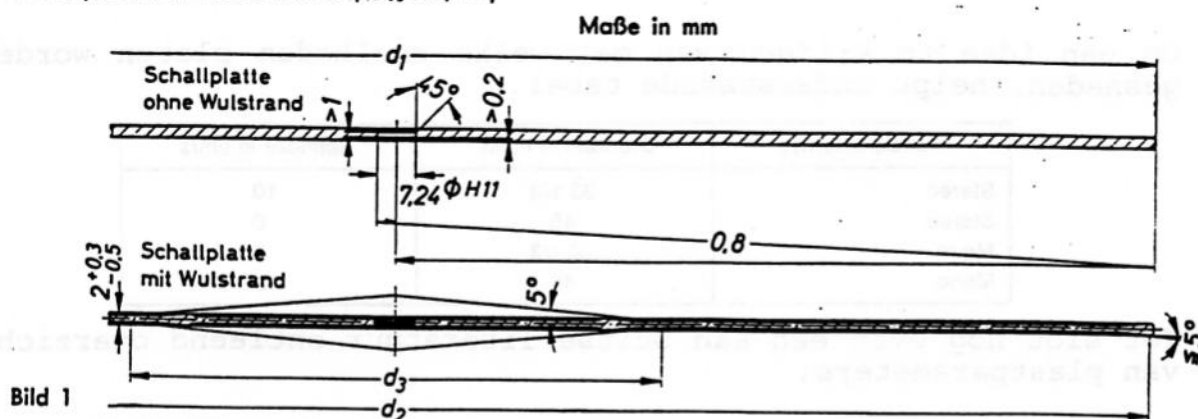
Tot slot nog even een aan Duitse literatuur ontleend overzicht van plaatparameters.

Drehzahl 1/min oder min ⁻¹	45	33 1/3
Normblatt: DIN	45546	45547
eine Umdrehung in Sekunden	1,3	1,8
Nenndurchmesser der Platte cm (mm)	17,5 (175 ± 1)	30 (301,6 ± 0,8)
größter Ø der modulierten Rille (mm)	168	292,6
kleinster Ø der modulierten Rille (mm)	107	119
Rillengeschwindigkeit		
erste Rille (cm/s)	39,6	50,8
letzte Rille (cm/s)	25,2	20,7
Endrillen Ø (mm)	98,4 (-2)	106,4 (-0,8)
Breite der modulierten Rille (µm)	40	40
Rillenwinkel	88° ± 2°	88° ± 2°
Rillengrundradius (µm)	4	4
Schneidfrequenzgang (µs)	75, 318, 3180	75, 318, 3180
Vollaussteuerung bei 1000 Hz (cm/s)	8/Kanal	8/Kanal
Länge einer 50-Hz-Schwingung in mm	7,9 bei 168 Ø	10 bei 290 Ø
bei Rillen Ø (mm)	4,71 bei 100 Ø	3,5 bei 100 Ø
Länge einer 15-kHz-Schwingung in mm	0,027 bei 168 Ø	0,034 bei 290 Ø
bei Rillen Ø (mm)	0,016 bei 100 Ø	0,012 bei 100 Ø

Schallplatten St 33

(Stereo-Schallplatten für 33 $\frac{1}{3}$ U/min)

DIN
45547

Stereophonic disk records St 33 (33 $\frac{1}{3}$ rev/min)

Die in dieser Norm enthaltenen Maße sind den IEC-Publikationen 98 und 98-1 weitgehend angeglichen, in denen die Ursprungsmaße Zollmaße sind.

Benennung	Nenn Durchmesser		Bemerkungen
	300	250	
Außendurchmesser der Platte d_1	301,6 ± 0,8	250,8 ± 0,8	
Plattendicke an der dicksten Stelle	2 + _{-0,5} ^{0,3}		Das Dickenmaß des Teiles der Schallplatte, der die modulierten Rillen trägt, darf nicht größer und höchstens um 0,76 mm kleiner sein als das Dickenmaß des unbespielten Außenrandes oder des Etikettenteils. Die Plattendicke muß rotationssymmetrisch sein; eine Abweichung von ± 0,125 mm ist zulässig. Bei Schallplatten mit Wulstrand soll der nach innen abfallende Randteil mindestens bei dem Durchmesser d_2 von 298,8 mm (Nenn Durchmesser 300 mm) oder von 248 mm (Nenn Durchmesser 250 mm) beginnen und unter einem Neigungswinkel von ≤ 5° in den Rillenteil übergehen ¹⁾ . Innerhalb der Endrinne müssen alle Teile der Schallplatte unterhalb eines konzentrischen Kegels liegen, der bei der Endrinne beginnend unter einem Winkel von 5° ansteigt.
Steigung der Einlaufrille	0,8 bis 1,6		Die Einlaufrille muß dicht am Außenrand beginnen; ihre Breite beträgt bei Wulstrandplatten mindestens 75 µm.
Durchmesser der ersten modulierten Rinne	≤ 292,6	≤ 241,8	
Durchmesser der Kennrillen	≥ 135		
Steigung der Auslaufrille	6,35 ± 3,18		Die Auslaufrille geht von der letzten modulierten Rinne in die Endrinne über. Sie soll sich mindestens über eine ganze Umdrehung erstrecken. Ist die Steigung größer als 6 mm, dann soll die Rillenbreite mindestens 75 µm betragen.
Durchmesser der Endrinne d_3	106,4 ± 0,8		Die Endrinne ist konzentrisch.
Rillenform			
Breite	≥ 40 µm		
Rundungshalbmesser des Rillengrundes	≤ 4 µm		
Nennwert des eingeschlossenen Winkels	90°		
Rillenanordnung	Die Abweichung zwischen dem Mittelpunkt des Mittelloches und dem Mittelpunkt der Rillenspirale darf nicht mehr als 0,2 mm betragen.		

¹⁾ Die von der IEC empfohlenen, entsprechenden Werte lauten 297,7 (für den Nenn Durchmesser 300) bzw. 246,8 (für den Nenn Durchmesser 250).

Fortsetzung Seite 2 und 3

Fachnormenausschuß Elektrotechnik im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Fachnormenausschuß Akustik im DNA

Fortsetzung der Tabelle von Seite 1

Benennung	Nenndurchmesser		Bemerkungen
	300	250	
Anordnung der Aufzeichnung	Die dem rechten Kanal (rechte Lautsprechergruppe vom Hörer aus gesehen) zugeordnete Information wird in die äußere Rillenflanke, die dem linken Kanal zugeordnete Information in die innere Rillenflanke eingeschrieben. Amplituden- und phasengleiche Informationen ergeben Seitenschrift.		
Nennwerte der Winkel zwischen den Komponenten	90° siehe Bild 2		
zwischen den Komponenten und der Plattenoberfläche	45° siehe Bild 2		
zwischen der Bewegungsebene des Stichels und der Normalen zur Plattenoberfläche	15° siehe Bild 3		
Frequenzgang	Unter Frequenzgang wird die Schnelle der Aufzeichnung in Abhängigkeit von der Frequenz bei konstanter Eingangsspannung verstanden. Die konstante Eingangsspannung soll an der Stelle der Aufzeichnungskette vorhanden sein, an der die aufzuzeichnende Modulation die gleiche Frequenzcharakteristik hat, die man wiederzugeben wünscht. Die Frequenzkurve (siehe Bild 4) ergibt sich aus mehreren Teilkurven, die dem Widerstand oder Leitwert von Widerstand-Kondensatorschaltungen mit bestimmten Zeitkonstanten entsprechen, nach:		
Zeitkonstante t_1 einer Parallelschaltung aus R und C (Leitwert)	75 μ s		
Zeitkonstante t_2 einer Reihenschaltung aus R und C (Leitwert)	318 μ s		
Zeitkonstante t_3 einer Reihenschaltung aus R und C (Widerstand)	3180 μ s		
Vollaussteuerung ²⁾	8 cm/s		Richtwert der Schnelle $\hat{v}$ bei 1000 Hz

²⁾ Vorbehaltlich einer internationalen Vereinbarung.**Kennzeichnung:**

Das Etikett muß deutlich sichtbar zur Kennzeichnung der Rillenform und der Drehzahl zwei verschlungene Kreise, darinnen die Buchstaben St und die Zahl 33 tragen.

Beispiel:

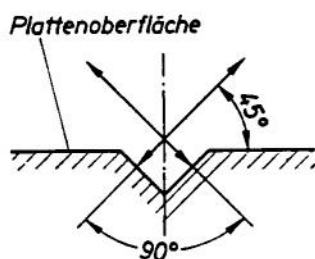
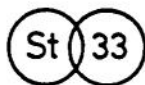


Bild 2. Anordnung der Aufzeichnung

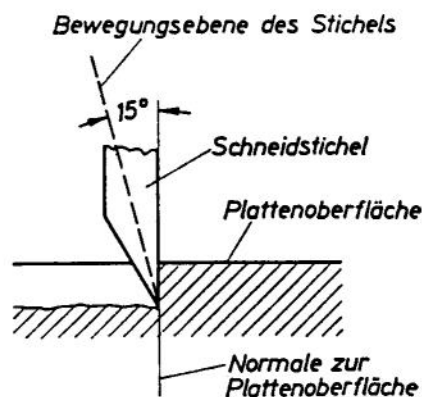


Bild 3. Stellung des Schneidstichels