

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri
Herausgeber:	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
Band:	27 (1949)
Heft:	4
Artikel:	Betrachtungen über die Aufnahme und Wiedergabe von Schallplatten = Considérations sur l'enregistrement et la reproduction de disques
Autor:	Werner, P.H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-876394

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Es handelt sich dabei um ein Modell einer Pupinleitung a) im Leerlauf und b) mit Abschluss durch den Wellenwiderstand (1500 Ohm). Die einzelnen Resonanzstellen kommen im ersten Fall (Fig. 8a) deutlich zum Ausdruck, während sie im Falle des reflexionsfreien Abschlusses (Fig. 8b) verschwinden. Leider musste dem Kabel eine lange Messleitung vorgeschaltet werden, die im wesentlichen eine Kapazität darstellt, so dass die Ortskurve sich durch diesen Nebenschluss mit wachsender Frequenz zum Nullpunkt hin verschiebt.

Betrachtungen über die Aufnahme und Wiedergabe von Schallplatten

Von P. H. Werner, Bern 621.395.625.2

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Aufnahme (Lichtbandbreite nach Meyer)
3. Wiedergabeentzerrer
4. Dynamik der Platten
5. Nadelgeräusch-Analyse
6. Grösse und Steigung der Rillen
7. Aufnahmestichel (Stahl und Saphir)
8. Wiedergabenadeln
9. Einfluss des Rillendurchmessers auf den Frequenzgang
10. Zusammenfassung

1. Einleitung

Die Entwicklung der Schallplattentechnik veranlasste uns, eine ganze Reihe von Versuchen durchzuführen. Mit diesen Arbeiten wollte man die folgenden Fragen abklären:

1. Welches sind die technischen Vor- und Nachteile, die das Einführen der neuen amerikanischen Schallplattennormen für die Radiostudiobetriebe mit sich bringen würde?
2. Was für einheitliche Richtlinien kann man für die Filter aufstellen, die von den Studiobetrieben bei der Schallplattenwiedergabe verwendet werden?

Bei allen unseren Versuchen haben wir Grammophonmaschinen von so hoher Qualität verwendet, dass die Fehler dieser Maschinen auf die Messresultate vernachlässigt werden können.

2. Aufnahme (Lichtband)

Die neuen amerikanischen Normen¹⁾ haben zum Ziel, die Dynamik durch die Anhebung des Pegels der hohen Frequenzen zu verbessern (Kurve b, Fig. 1).

Diese Entzerrung der hohen Frequenzen wäre jedoch nicht ausführbar, wenn ihr Pegel nicht viel niedriger wäre als jener der Grundtöne einer Uebertragung. Dies zeigt die Kurve von Fletcher (Kurve a, Fig. 1); die Addition dieser Kurve zu derjenigen der neuen amerikanischen Normen ergibt die

Die vorstehenden Messbeispiele zeigen, dass das beschriebene Messinstrument sich besonders dann bewährt, wenn es mehr auf den Kurvenverlauf als auf den genauen absoluten Wert des Scheinwiderstandes ankommt. Dies haben auch andere Messungen, die bisher mit der Anordnung ausgeführt worden sind, bestätigt; auch ein komplizierter Kurvenverlauf der Ortskurve eines Scheinwiderstandes kann in wenigen Minuten sichtbar gemacht werden.

Adresse: Prof. Dr. E. Meyer, III. Physikalisches Institut der Universität Göttingen.

Considérations sur l'enregistrement et la reproduction de disques

Par P. H. Werner, Berne 621.395.625.2

Sommaire

1. Introduction
2. Enregistrement (Bande lumineuse selon Meyer)
3. Correcteur de reproduction
4. Dynamique des disques
5. Analyses du bruit d'aiguille
6. Dimensions et pas des sillons
7. Burins et saphirs pour l'enregistrement
8. Aiguilles de reproduction
9. Influence du diamètre du sillon sur la courbe de réponse
10. Conclusion

1. Introduction

L'évolution de la technique du disque nous a incité à faire divers essais pour déterminer premièrement les avantages et les inconvénients techniques qui résulteraient de l'adoption des nouvelles normes américaines d'enregistrement par les studios de radio-diffusion.

En second lieu il s'est agi d'établir des directives pour la construction de nouveaux filtres de reproduction destinés aux studios.

Pour tous ces essais nous avons utilisé des machines d'enregistrement et de reproduction d'une qualité telle que leur influence sur les résultats obtenus peut être négligée.

2. Enregistrement (Bande lumineuse)

Les nouvelles normes américaines¹⁾ ont pour but d'améliorer la dynamique en augmentant le niveau des hautes fréquences selon la courbe b de la figure 1.

Cette correction des hautes fréquences serait cependant inapplicable si leur niveau n'était pas très inférieur à celui des sons fondamentaux des transmissions, comme le montre la courbe de Fletcher (courbe a, fig. 1). La somme de cette dernière courbe et de celle des nouvelles normes américaines donne la courbe c qui représente la bande lumineuse de l'enregistrement d'une transmission, elle est approximativement constante de 1000 à 8000 c/s et tombe

¹⁾ Technical Standards and Good Engineering Practices of the National Association of Broadcasters for Electrical Transcriptions and Recording for Radio Broadcasting. Proc. Inst. Radio Eng. **30** (1942), p. 355.

¹⁾ Technical Standards and Good Engineering Practices of the National Association of Broadcasters for Electrical Transcriptions and Recording for Radio Broadcasting. Proc. Inst. Radio Eng. **30** (1942), p. 355.

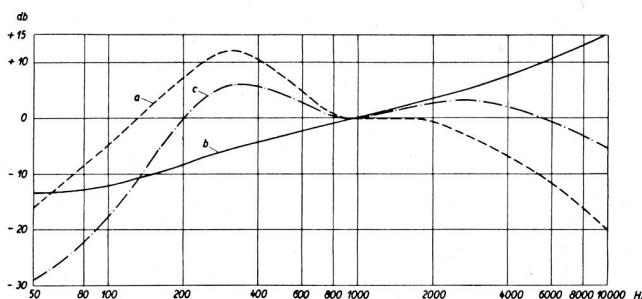


Fig. 1. Aufnahmekurven (Lichtbandbreite)

- a) Verteilung der akustischen Energie nach Fletcher;
- b) Lichtbandbreite einer Aufnahme gemäss den neuen amerikanischen Normen;
- c) a + b

Courbes d'enregistrement (bande lumineuse).

- a) Répartition de l'énergie acoustique selon Fletcher;
- b) bande lumineuse d'un enregistrement selon les nouvelles normes américaines;
- c) a + b

Kurve c, die die Lichtbandbreite einer Uebertragungsaufnahme darstellt; schliesslich ist die Lichtbandbreite von 1000...8000 Hz annähernd konstant und fällt bei 10 000 Hz um 5 db ab. Dabei muss aber verhindert werden, dass die Amplituden der hohen Frequenzen durch das Mikrophon oder andere Uebertragungsorgane angehoben werden, da sonst der Schneidekopf übersteuert würde. Die gleiche Ueberlegung gilt übrigens auch für die magnetischen Aufnahmeverfahren.

Die neuen amerikanischen Normen sehen von 1000 Hz an eine Dämpfung der tiefen Frequenzen vor (Kurve a, Fig. 2), während es bis jetzt üblich war, die tiefen Töne unter 250 Hz mit konstanter Amplitude zu schneiden (Kurve b). Da der Unterschied zwischen den beiden Kurven nicht allzu gross ist, kann man leicht einen Kompromisse eingehen (Kurve c). Die umgekehrte Kurve d ist die eines Wiedergabeentzerrers, der bei tiefen Frequenzen und bei beiden Aufnahmeverfahren befriedigt.

Die Einführung dieser neuen Normen könnte in den Studios leicht verwirklicht werden. Die im Betriebe verwendeten Aufnahmeverstärker haben nämlich eine grosse Verstärkungsreserve. Diese würde es ermöglichen, eine frequenzabhängige Gegenkopplung vorzunehmen, wodurch die nötige Entzerrung der Spannung an den Schneidedosen zustande käme.

Wenn der Frequenzgang der Eingangsspannung beim Aufnahmeverstärker der Kurve a der Fig. 1 entspricht, so wird der Frequenzgang der Lichtbandbreite durch die Kurve c dargestellt. Mit einem Niveau von 0 db = 20 mm bei 1000 Hz ergeben sich bei den höheren Frequenzen die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Lichtbandbreiten. Die zweite Kolonne dieser Tabelle zeigt die entsprechenden Spannungen, die eine Motosacoche-Schneidedose, Typ 2370 c, dabei benötigt.

de 5 db à 10 000. Dans ces conditions, il faut en tout cas éviter que l'amplitude des hautes fréquences soit relevée par le microphone ou d'autres organes de la transmission afin de ne pas saturer le graveur. Ceci est d'ailleurs également valable pour les enregistrements sur bandes magnétiques.

Les nouvelles normes américaines prévoient une atténuation des basses fréquences à partir de 1000 c/s (courbe a, fig. 2) tandis qu'habituellement on grave avec une amplitude constante en dessous de 250 c/s (courbe b). La différence entre ces deux courbes n'étant pas très grande, on peut facilement adopter un compromis (courbe c). La courbe inverse d'est celle d'un correcteur de reproduction qui pourrait satisfaire aux deux modes d'enregistrement des basses fréquences.

L'application de ces nouvelles normes dans les studios pourrait être facilement réalisée. Les amplificateurs d'enregistrement en service ont une grande réserve d'amplification qui permettrait d'introduire une contre-réaction dépendant de la fréquence et apportant les corrections nécessaires de la tension appliquée au graveur.

En admettant qu'une largeur de la bande lumineuse de 20 mm corresponde à 0 db de la courbe c, fig. 1, on obtient les valeurs ci-dessous de la bande lumineuse aux hautes fréquences et des tensions correspondantes à appliquer à un graveur Motosacoche, type 2370 c.

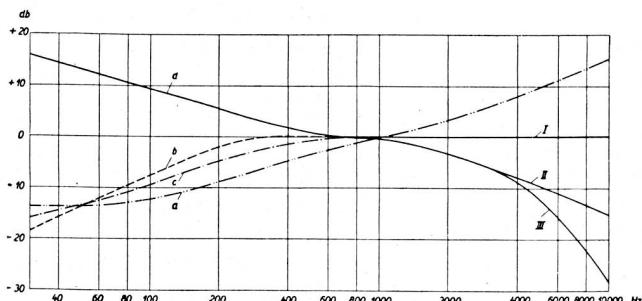


Fig. 2. Kurven des Wiedergabeentzerrers

- a) Lichtbandbreite einer Aufnahme gemäss den neuen amerikanischen Normen;
- b) Lichtbandbreite bei den tiefen Frequenzen nach den alten Normen;
- c) Mittelwert aus a und b;
- d) Kurve des Wiedergabeentzerrers bei tiefen Frequenzen (invers zu c)
- I, II und III: Kurve des Wiedergabeentzerrers bei hohen Frequenzen

Courbes d'atténuation du correcteur de reproduction

- a) Bande lumineuse d'un enregistrement selon les nouvelles normes américaines;
- b) Bande lumineuse aux basses fréquences selon les anciennes normes;
- c) Courbe moyenne de a et b;
- d) Courbe du correcteur de reproduction aux basses fréquences (inverse de c).
- I, II et III: Courbes du correcteur de reproduction aux hautes fréquences

f (Hz)	Lichtbandbreite (mm)	Spannung an der Schneidedose (V)	f (c/s)	Bande lumineuse (mm)	Tension à appliquer au graveur (V)
1 000	20	10,5	1 000	20	10,5
2 000	25	13,5	2 000	25	13,5
4 000	20	12,1	4 000	20	12,1
6 000	16	10,5	6 000	16	10,5
8 000	12,5	10,5	8 000	12,5	10,5
10 000	11	14	10 000	11	14

Trotzdem bei den hohen Frequenzen eine grössere Spannung verlangt wird, ist die dabei benötigte Leistung kleiner als bei 1000 Hz, weil nämlich die Impedanz der Schneidedosen bei den hohen Frequenzen stark zunimmt (700 Ohm bei 5000 Hz).

Um den gesamten Frequenzgang des Verstärkers und der Schneidedosen zu messen, ist eine konstante Spannung am Eingang des Verstärkers zwischen 30 und 1000 Hz zu verwenden. Zwischen 1000 und 10 000 Hz müsste dann die Spannung gemäss Kurve a der Fig. 1 abnehmen, damit die erhaltene Lichtbandbreite sich soviel als möglich der Kurve c annähert. Der Pegel der Eingangsspannung ist so einzustellen, dass die Lichtbandbreite bei 1000 Hz 20 mm beträgt.

Was die tiefen Frequenzen betrifft, scheint es erwünscht, sich an die Kurve c, Fig. 2, zu halten und diese Entzerrung nach dem gewöhnlich angewandten Prinzip am Ausgang des Verstärkers zu realisieren; man schaltet daher in Serie mit der Schneidedose einen Kondensator, den man mit einem Widerstand überbrückt.

3. Wiedergabeentzerrer

Subjektive Versuche zeigen, dass eine progressive Dämpfung der hohen Frequenzen das Nadelgeräusch besser abschwächt und eine viel kleinere lineare Verzerrung bewirkt, als dies bei Filtern mit steilen Flanken der Fall ist; ausserdem haben diese letzteren natürlich auch Schwingkreise, die für die Uebertragung der Einschwingvorgänge ungünstig sind. Die alten Filter mit steilem Abfall waren bei den früher gebrauchten Pick-ups gerechtfertigt, da diese bei 6000 Hz eine starke Resonanz haben.

a) Tiefe Frequenzen

Die Kurven a und b, Fig. 2, entsprechen den alten und neuen Normen zwischen 30 und 1000 Hz; die Kurve c ist ein mittlerer Wert, der näher bei den alten Normen liegt. Die zu ihr inverse Kurve d ist dann jene, die für den Wiedergabeentzerrer zu verwenden ist. Dieser Kompromiss gestattet, den gleichen Entzerrer für die amerikanischen Aufnahmeverfahren und die alten Platten zu gebrauchen. Bei der Wiedergabe der alten Platten werden dann die Amplituden der Grundtöne zwischen 150 und 400 Hz trotzdem nicht zu gross.

b) Hohe Frequenzen

Mit einem umschaltbaren Entzerrer müssen die folgenden drei Frequenzgänge erreicht werden (siehe Fig. 2):

Du fait que l'impédance du graveur augmente avec la fréquence (700 ohms à 5000 c/s), la puissance que doit fournir l'amplificateur à 10 000 c/s reste inférieure à celle qui est nécessaire à 1000 c/s, bien que la tension soit plus élevée.

Pour mesurer la courbe de réponse de l'ensemble amplificateur et graveur, il est nécessaire d'appliquer une tension constante à l'entrée de l'amplificateur entre 30 et 1000 c/s, puis une tension décroissante selon la courbe a (fig. 1) entre 1000 et 10 000 c/s, de sorte que la bande lumineuse obtenue se rapproche au mieux de la courbe c. Le niveau de la tension d'entrée sera réglé de façon à obtenir une bande lumineuse de 20 mm à 1000 c/s.

En ce qui concerne les basses fréquences, il est préférable de s'en tenir à la courbe c (fig. 2) et de réaliser cette correction à la sortie de l'amplificateur selon le principe utilisé habituellement, c'est-à-dire au moyen d'un condensateur ponté avec une résistance, le tout connecté en série avec le graveur.

3. Correcteurs de reproduction

Des essais subjectifs prouvent qu'une atténuation progressive des hautes fréquences amortit mieux le bruit d'aiguille et provoque une plus faible distorsion linéaire que les filtres à flancs raides; ces derniers comportent en outre forcément des circuits oscillants nuisibles à la transmission des phénomènes transitoires. Les anciens filtres à coupure raide étaient justifiés par la forte résonance à 6000 c/s de la plupart des pick-up utilisés antérieurement.

a) Basses fréquences

Les courbes a et b (fig. 2) sont celles de l'enregistrement selon les anciennes et les nouvelles normes entre 30 et 1000 c/s; la courbe c est une valeur moyenne se rapprochant plutôt des anciennes normes. La courbe d (inverse de c) est la courbe à adopter pour le correcteur de reproduction. Ce compromis permettrait d'utiliser le même correcteur pour les enregistrements américains et les anciens disques, sans que l'amplitude des sons fondamentaux de ces derniers (entre 150 et 400 c/s) soit exagérée à la reproduction.

b) Hautes fréquences

Un correcteur à trois positions permettrait de satisfaire aux conditions suivantes (fig. 2).

Courbe I Reproduction sans coupure des hautes fréquences pour les anciens enregistrements directs, dont le bruit de fond est très faible.

- Kurve I: Wiedergabe ohne Dämpfung der hohen Frequenzen; geeignet für die alten direkten Aufnahmen, deren Grundgeräusch sehr schwach ist.
- Kurve II: Entzerrung der hohen Frequenzen, aufgenommen nach den neuen Normen, oder Dämpfung des Nadelgeräusches der Platten von mittlerer Qualität (Industrie- oder Studioplatten).
- Kurve III: Wiedergabe der Platten, die ein starkes Nadelgeräusch haben (Industrieplatten).

Um den Einfluss der Induktionsstörungen auf die Drosseln der Entzerrer zu vermindern, sieht man *für jeden Tonabnehmer einen eigenen Vorverstärker vor*. Der Entzerrer befindet sich dann am Ausgang dieses Verstärkers. Mit einem Potentiometer werden dort auch die Empfindlichkeitsunterschiede der einzelnen Tonabnehmer ausgeglichen.

Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass verschiedene Tonabnehmer miteinander gemischt werden können, und zwar geschieht dies hier bei einem Pegel, der bedeutend über den Störgeräuschen der Potentiometer liegt.

4. Dynamik

a) Platten für direkte Aufnahme

Wegen der hohen Qualität der heute im Handel befindlichen Platten muss man bei der Messung ihrer Dynamik gewisse Vorsichtsmassnahmen treffen. So muss man zum Beispiel die Frequenzen unterhalb 300 Hz abschneiden. Die Vibrationen der Aufnahmee- und Wiedergabemaschinen haben dann keinen Einfluss auf die Messung mehr. Diese Massnahme ist um so notwendiger, als die Störungen dieser Maschine von der gleichen Größenordnung sind, wie die zu messende Dynamik der besten Platten.

Die hier erwähnten Platten wurden unter guten Bedingungen durch ein Studio aufgenommen. Die Messungen des Grundgeräusches sind mit 78 t/min und bei einem Rillendurchmesser von 28...27 cm ausgeführt worden.

Die nachstehenden Resultate der Dynamik beziehen sich auf eine Lichtbandbreite von 20 mm bei 1000 Hz. In der ersten Kolonne handelt es sich um die Wiedergabe ohne Dämpfung der hohen Frequenzen; in der zweiten sind diese letzteren gemäß Kurve II, Fig. 2, geschwächt. Damit will man die Verbesserung zeigen, die man bei einer Anwendung der amerikanischen Aufnahmenormen erhalten würde.

Plattentyp	Dynamik in db		
	Lineare Wiedergabe der hohen Frequenzen	Dämpfung der hohen Frequenzen gemäß Kurve II, Fig. 2	Differenz db
1	41	50	9
2	40	49	9
3	38	45	7
4	47	51	4
5	35	48	13

II Correction des hohen Frequenzen enregistrées selon les nouvelles normes ou atténuation du bruit d'aiguille des disques de qualité moyenne (industrie ou studio).

III Audition des disques qui ont un fort bruit d'aiguille (industrie).

Pour diminuer l'influence des inductions perturbatrices sur les éléments des correcteurs, il faut prévoir pour chaque pick-up un préamplificateur suivi du correcteur et d'un potentiomètre; ce dernier servira à compenser les différences de sensibilité des pick-up. Cette solution a encore l'avantage de permettre un mélange des différents lecteurs à un niveau moins sensible aux perturbations dues aux mélangeurs.

4. Dynamique

a) Disques pour enregistrements directs

La remarquable qualité des disques actuellement dans le commerce oblige à prendre certaines précautions lors de la mesure de la dynamique. Nous avons entre autres dû couper les fréquences inférieures à 300 c/s pour que les résultats ne soient pas influencés par les trépidations des machines d'enregistrement et de reproduction, leur dynamique propre étant de l'ordre de grandeur de celle des meilleurs disques mesurés.

Les disques dont il est question ici ont été enregistrés dans de bonnes conditions par un studio; les mesures du bruit de fond ont été effectuées à 78 t/min et un diamètre des sillons de 27 à 28 cm.

Les valeurs ci-dessous de la dynamique se rapportent à une bande lumineuse de 20 mm à 1000 c/s. Dans la première colonne il s'agit de la reproduction sans coupure des hohen fréquences; dans la seconde ces dernières sont atténuées selon la courbe II (fig. 2), afin de montrer l'amélioration qui résulterait de l'adoption des normes d'enregistrement américaines.

Types de disques	Dynamique en db		Différence db
	Reproduction linéaire des H.F.	Coupe des H.F. selon II/fig. 2	
1	41	50	9
2	40	49	9
3	38	45	7
4	47	51	4
5	35	48	13

Cette amélioration varie de 4 à 13 db selon l'importance des hohen fréquences comprises dans le bruit de fond, elle est assez importante pour justifier pleinement l'adoption des nouvelles normes.

Le bruit de fond du disque n° 4 est particulièrement faible, à cette qualité s'ajoute encore une très grande facilité de coupe. Par contre la matière dont le disque est constitué est très tendre, de sorte qu'il restitue mal les hohen fréquences lorsque les conditions de lecture ne sont pas idéales.

b) Disques du commerce

Le bruit de fond a été mesuré sur les premières spires de disques de 30 cm de marques différentes et à l'état de neuf.

Diese Verbesserung beträgt 4 bis 13 db, je nach der Stärke der im Grundgeräusch enthaltenen hohen Frequenzen. Sie ist bemerkenswert genug, um die Annahme der amerikanischen Normen vollständig zu rechtfertigen.

Das Grundgeräusch der Platte Nr. 4 ist besonders schwach. Ein weiterer Vorteil dieser Platte liegt darin, dass sie sich ausserordentlich leicht schneiden lässt. Allerdings ist das Material, aus dem sie hergestellt wird, sehr weich. Wenn daher die Abspielbedingungen nicht ideal sind, so werden die hohen Frequenzen schlecht wiedergegeben.

b) Industrieplatten

Das Grundgeräusch wurde von 30-cm-Grammophonplatten verschiedener Fabrikmarken untersucht; diese Messungen erfolgten stets auf den äussern Rillen.

Die nachstehenden Werte der Dynamik beziehen sich auf eine Lichtbandbreite von 20 mm bei 1000 Hz. Durch das Abschneiden der hohen Frequenzen wird eine Verbesserung von durchschnittlich 12 db erreicht.

Plattentyp	Dynamik in db		
	Lineare Wiedergabe der hohen Frequenzen	Dämpfung der hohen Frequenzen gemäss Kurve II, Fig. 2	Differenz db
1	25	36	11
2	28	42	14
3	28	41	13
4	26	38	12

5. Analyse des Nadelgeräusches

Die Kurven der Figuren 3 und 4 zeigen beide die Analysen des Grundgeräusches sowohl von direkt aufgenommenen Platten als auch von Industrieplatten. Diese Analysen wurden mit einem Filter

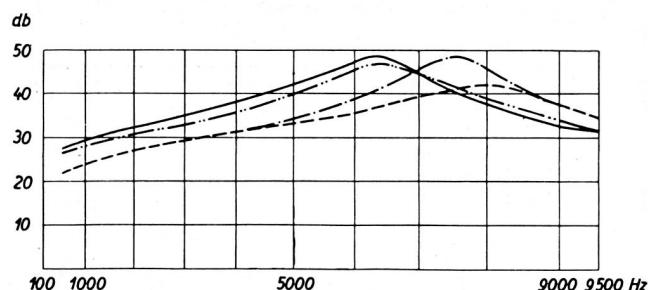


Fig. 4. Nadelgeräuschanalysen von gepressten Platten (4 verschiedene Marken). Bandbreite des Filters 50 Hz
Analyses de bruit d'aiguille de 4 disques pressés de marques différentes (bande passante du filtre: 50 c/s)

gemacht, dessen Bandbreite 50 Hz ist. Der Frequenzgang des verwendeten Tonabnehmers streut nicht mehr als $\pm 2,5$ db bis 9000 Hz in bezug auf 1000 Hz. Die Rillendurchmesser, die bei diesen Geräuschanalysen untersucht wurden, betrugen 28...26 mm.

Man sieht, dass im allgemeinen das Störgeräusch zwischen 5000 und 8000 Hz ein Maximum erreicht.

Les valeurs ci-dessous de la dynamique se rapportent à une bande lumineuse de 20 mm à 1000 c/s. L'amélioration moyenne consécutive à la coupe des hautes fréquences est de 12 db.

Type de disques	Dynamique en db		Différence db
	Reproduction linéaire des H.F.	Coupe des H.F. selon II/fig. 2	
1	25	36	11
2	28	42	14
3	28	41	13
4	26	38	12

5. Analyses du bruit d'aiguille

Les graphiques fig. 3 et 4 représentent respectivement les analyses du bruit de fond de disques pour enregistrement direct ainsi que de disques du commerce. Ces analyses ont été faites au moyen d'un filtre dont la bande passante est de 50 c/s. La courbe

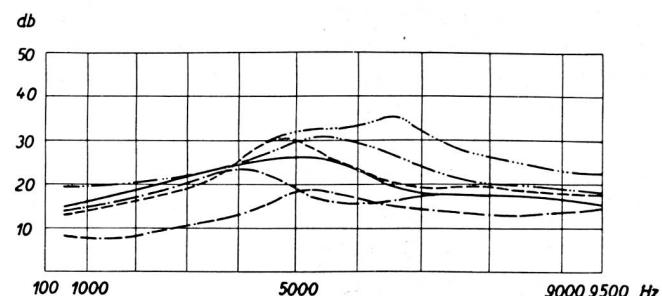


Fig. 3. Nadelgeräuschanalyse von Platten für direkte Aufnahme (6 verschiedene Marken). Bandbreite des Filters 50 Hz
Analyses du bruit d'aiguille de 6 disques de marques différentes pour l'enregistrement direct (bande passante du filtre: 50 c/s)

de réponse du lecteur utilisé s'écarte au plus de $\pm 2,5$ db par rapport à 1000 c/s jusqu'à 8000 c/s. Le diamètre des sillons qui ont servi à ces analyses était compris entre 28 et 26 cm.

On voit que d'une manière générale le bruit de fond atteint un maximum entre 5000 et 8000 périodes. Ceci confirme la grande influence qu'a sur la dynamique l'atténuation des hautes fréquences à la reproduction.

6. Pas des sillons

La profondeur des sillons est généralement réglée en sorte que leur largeur a soit égale à l'espace b qui les sépare (fig. 5).

Le tableau ci-dessous comprend les dimensions des sillons et la valeur des amplitudes admissibles

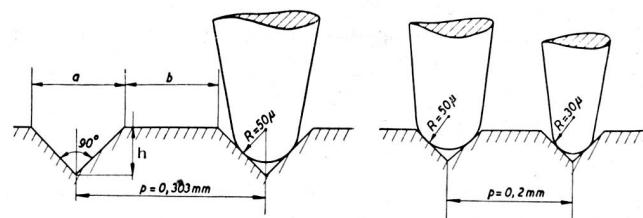


Fig. 5. Abmessungen von Plattenrillen und Grammophonnadeln
Dimensions des sillons et des aiguilles de reproduction

Damit wird gezeigt, wie wichtig bei der Wiedergabe eine Dämpfung der hohen Frequenzen in bezug auf die Dynamik ist.

6. Steigung der Rillen

Die Rillentiefe wird im allgemeinen so eingestellt, dass die Breite a) gleich dem Abstand b) ist, der sie voneinander trennt (Fig. 5).

Die folgende Tabelle enthält die Abmessungen der Rillen und die zulässigen Amplitudenwerte für die mit der MAG-Maschine realisierbare Rillensteigung.

Rillen/mm	Rillen/"/	Steigung in mm	a = b mm	h mm	max. amplitude μ
5	127	0,2	0,1	0,05	50
4,16	106	0,24	0,12	0,06	60
3,77	96	0,265	0,13	0,065	65
3,3	84	0,303	0,15	0,075	75

Das Verhältnis von der grössten zur kleinsten Steigung beträgt 1,5. Es ist klar, dass die kleinste Steigung die grösste Aufnahmedauer ergibt. Allerdings muss dann die maximal zulässige Amplitude im gleichen Verhältnis verkleinert werden (3,5 db). Die Qualität der modernen Platten ist jedoch derart, dass diese kleine Einbusse an Dynamik zugelassen werden kann.

Fig. 5 zeigt einen Plattenschnitt quer zu den Rillen. Die Steigungen betragen dort 0,2 und 0,3 mm. Man sieht in der Figur, dass die Nadel mit 50μ Krümmungsradius an der Spitze nicht gut in die rechts gezeichnete Rille passt. Es wäre besser, bei dieser Steigung eine Nadel mit $r = 30 \mu$ zu verwenden.

7. Aufnahmestichel aus Stahl und Saphir

Das internationale Schallplatten-Konsortium hat für Schneidstichel Normen aufgestellt. Für den Spitzwinkel, den Keilwinkel und den Hinterschliffwinkel des Stichels wurden dort die in Fig. 6 gezeigten Werte festgelegt.

Dabei wurde der Hinterschliffwinkel so gewählt, dass die Rückseite des Stichels beim Schneiden einer Frequenz von 12 000 Hz und bei 78 Umdrehungen pro Minute das rückwärtsliegende Maximum der Sinuskurve nicht berührt. Bei 12 cm Rillendurchmesser und 78 Umdrehungen pro Minute folgen sich diese Maxima in einem Abstand von nur 40 μ .

Die Stahl- wie auch die Saphirstichel, die von uns gemessen wurden, haben einen Spitzwinkel von 87 bis 95 Grad. Diese Abweichungen vom Sollwert (85°) spielen keine grosse Rolle, da der Winkel der Nadeln beim Abspielen viel kleiner ist. Daher wird ihre Lage in den Rillen allein durch den Krümmungsradius ihrer Spitze bestimmt.

Es ist also sehr wichtig, dass der Stichel spitz ist und dass auf alle Fälle sein Radius 30μ nicht überschreitet, damit die Abspielnadel den Grund der Rillen nicht berührt.

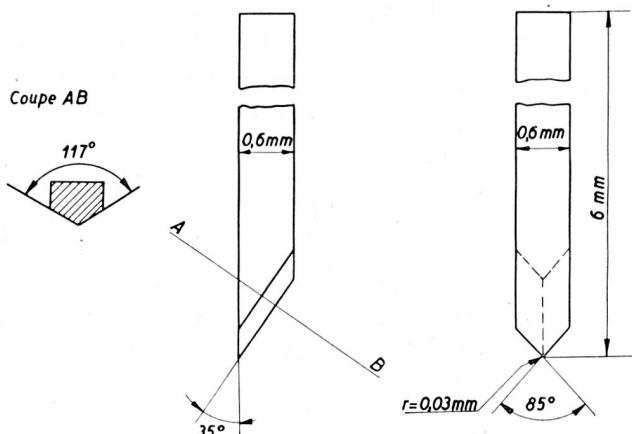


Fig. 6. Abmessungen der Schneidstichel gemäss internationalen Normen
Dimensions d'un burin selon les normes internationales

pour les pas réalisables avec les machines d'enregistrement Motosacoche.

Sillons par mm	Sillons au pouce	Pas en mm	a = b mm	h mm	Amplitude max. μ
5	127	0,2	0,1	0,05	50
4,16	106	0,24	0,12	0,06	60
3,77	96	0,265	0,13	0,065	65
3,3	84	0,303	0,15	0,075	75

Le rapport des pas extrêmes réalisables est de 1,5. Il est évident qu'on a intérêt à utiliser le pas le plus fin en ce qui concerne la durée de l'enregistrement; il s'ensuit cependant une diminution de l'amplitude maximum admissible dans le même rapport, c'est-à-dire 3,5 db, cette diminution de la dynamique est

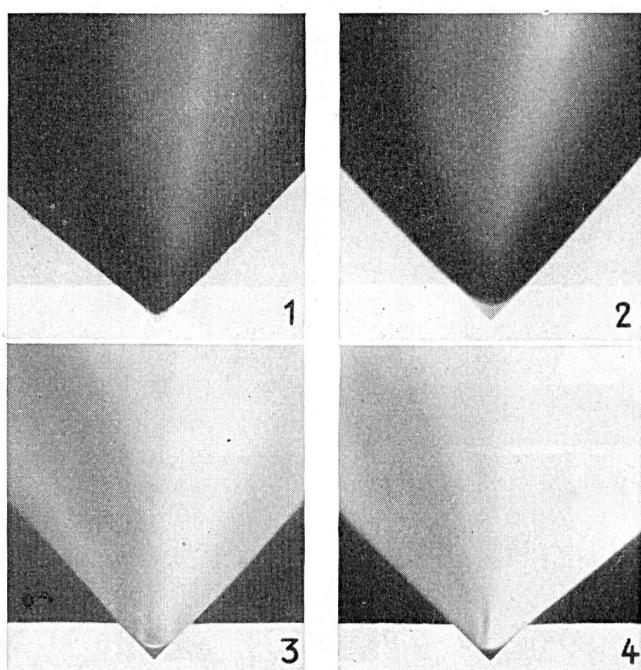


Fig. 7. Mikrophotographien von vier Schneidesticheln
Microphtographies de quatre burins pour l'enregistrement

Die Photographien Nr. 1, 2, 3 und 4 der Fig. 7 zeigen verschiedene Stahl- und Saphirstichel.

Photo-Nr.	Abrundung r in mm	Winkel
1	< 0,02	95°
2	0,06	88°
3	0,045	88°
4	0,035	95°

Die ziemlich grosse Abrundung der beiden Saphire ist offenbar wegen der grossen Zerbrechlichkeit des Materials gewählt worden. Eine solche Abrundung ist jedoch unzulässig, wenn die Platten mit Nadeln oder Saphiren abgespielt werden, deren Krümmungsradius weniger als 50 μ beträgt.

Der Schnitt mit Saphirsticheln ist ausgezeichnet. Der Spahn ist sehr glänzend und regelmässig. Das Nadelgeräusch ist daher sehr schwach. Der Gebrauch des Saphirs, Fig. 7, ist zu empfehlen, vorausgesetzt dass man die Spitze regelmässig kontrolliert. Die Stahlstichel befriedigen ebenfalls, sie dürfen aber höchstens für zwei Plattenseiten verwendet werden, da die Spitze sehr rasch abgeschliffen wird.

8. Wiedergabenadeln

Die Photographie Nr. 5, Fig. 8, zeigt eine Nadel in der Rille einer handelsüblichen Platte.

Es ist schwierig, die Nadeln genau im Schnitt einer Plattenrinne zu photographieren, weil die Tiefenschärfe der Mikrophotographien sehr klein ist. Wir haben daher in der Folge die Nadeln allein photographiert und dann ihr Bild auf eine Schablone zentriert; letztere repräsentiert eine ideale Plattenrinne mit einem Winkel von 90°. Die Bilder 6...14 der Fig. 8 zeigen eine Anzahl von Nadeln und Saphiren, die heute auf dem Markt sind.

cependant négligeable si on tient compte de la qualité des disques actuels.

La figure 5 représente une coupe des sillons dont les pas sont de 0,2 et 0,3 mm; on voit qu'une aiguille dont la pointe a un rayon de courbure de 50 μ ne s'adapte pas bien aux sillons de droite et qu'il est préférable d'adopter une aiguille dont $r = 30 \mu$ pour le pas le plus fin.

7. Burins et saphirs pour l'enregistrement

Le consortium international du disque a fixé les angles de face de coupe et de dégagement des burins selon la figure 6. L'angle de dégagement est prévu pour l'enregistrement d'une fréquence de 12 000 c/s à 78 t/min sans que l'arrière du burin talonne les crêtes des sinusoides, distancées de 40 microns seulement pour un diamètre du sillon de 12 cm et 78 tours par minute.

Les burins en acier de même que les saphirs que nous avons mesurés ont un angle de face de 87 à 95 degrés. Ces variations par rapport à l'angle normal de 85 degrés ne jouent pas un très grand rôle puisque l'angle des aiguilles de reproduction est plus petit et qu'en définitive la position de l'aiguille dans le sillon est définie par son arrondi. *Il est très important que le burin soit pointu et qu'en tout cas son rayon ne dépasse pas 30 microns pour que l'aiguille de reproduction ne touche pas le fond des sillons.*

La figure 7 représente quatre divers burins en acier et saphir.

Photographie №	Arrondi r en mm	Angle de face
1	< 0,02	95°
2	0,06	88°
3	0,045	88°
4	0,035	95°

L'arrondi assez prononcé des deux saphirs est probablement prévu à cause de leur fragilité; il

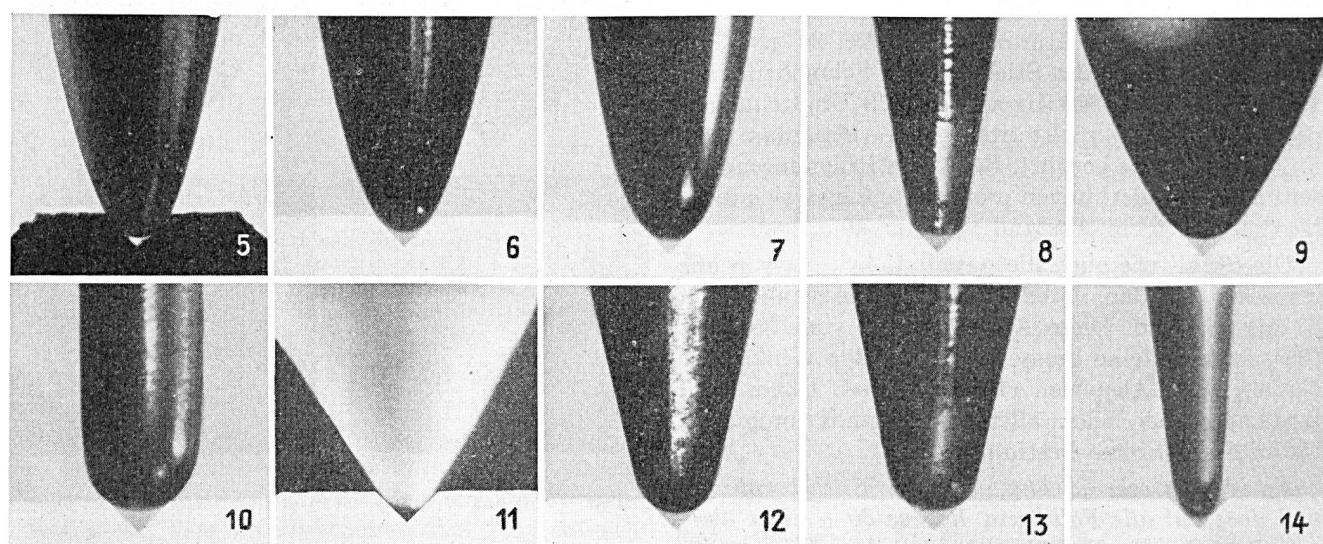


Fig. 8. Mikrophotographien von zehn Wiedergabenadeln — Microphotographies de dix aiguilles de reproduction

Photo Nr.	Spitzenradius μ
6	50
7	65
8	—
9	80
10	110
11	55
12	75
13	70
14	25

Die den Photographien zu Grunde gelegte idealisierte Rille weist eine Steigung von 0,25 mm auf. Dieser Steigungswert ist bei den handelsüblichen Platten sehr verbreitet. Um so erstaunlicher ist es, dass so viele Nadeltypen, die gerade für diese Platten fabriziert wurden, so schlecht in die Rillen passen. Man muss sich sogar fragen, wie die Nadel Nr. 10 überhaupt noch die Führung des Tonabnehmers bewerkstelligen kann.

Die Nadel Nr. 6 und der Saphir Nr. 11 eignen sich besonders gut. Das Bild Nr. 14 stellt eine «Dauer-nadel» dar, die zum Abspielen von 20 Plattenseiten bestimmt ist. Sie würde sich auch feinen Rillen gut anpassen und gleichzeitig die hohen Frequenzen in der Nähe des Plattenzentrums gut wiedergeben.

Um rasch die geeignete Nadelsorte auswählen zu können, empfehlen wir den Gebrauch eines Mikroskopes mit einem Spezialokular. In diesem Okular ist ein Rillenprofil eingeritzt, wodurch die Lage der Nadel in der Rille sofort ersichtlich wird.

9. Der Einfluss des Rillendurchmessers auf den Frequenzgang

a) Das Lichtband

G. Buchmann und E. Meyer²⁾ haben in ihren Arbeiten über die Messmethode mit Hilfe der Lichtbandbreite verschiedene Vereinfachungen in der Rechnung vorgenommen. R. Bierl³⁾ hat später den dadurch entstandenen Fehler berechnet; dabei hat er für den Einfluss des Rillendurchmessers auf das Endresultat die folgenden Werte erhalten:

Bei 8 cm Rillendurchmesser und 78 Umdrehungen pro Minute ist der Fehler kleiner als 3%;

Bei 12 cm Rillendurchmesser und $33\frac{1}{3}$ Umdrehungen pro Minute ist der Fehler kleiner als 6%.

Diese Fehler sind so klein, dass wir sie in unseren Versuchen nicht berücksichtigt haben.

b) Aufnahme

Je nach der Grösse der Eigendämpfung der Schneidedose ist die Amplitude des Schneidestichels mehr oder weniger von der äusseren Dämpfung, das heisst vom eigentlichen Schneidevorgang abhängig. Die äussere Dämpfung hängt ihrerseits wiederum vom Plattenmaterial ab und vor allem von der Linear-geschwindigkeit. Betrachten wir zum Beispiel eine Schneidedose, deren Eigendämpfung besonders bei

est cependant inadmissible dans les cas où les disques sont ensuite joués avec des aiguilles ou saphirs dont la pointe a un rayon inférieur à 50 microns.

La coupe avec les burins en saphir est excellente, le copeau est très brillant et régulier et par conséquent le bruit de fond très faible. L'utilisation du saphir n° 4 est recommandable pour autant qu'on en contrôle la pointe fréquemment. Les burins en acier donnent également satisfaction mais ne peuvent être utilisés que pour deux faces de disques au maximum parce que l'usure de la pointe est très rapide.

8. Aiguilles de reproduction

La photographie n° 5 (fig. 8) représente une aiguille reposant dans un sillon de disque du commerce.

Le manque de profondeur de champ des microphotographies et la difficulté de placer l'aiguille exactement dans la coupe d'un disque, nous ont constraint par la suite à photographier les aiguilles seules puis à en centrer l'image sur un masque de 90° qui représente un sillon idéal. Les photos 6 à 14 (fig. 8) représentent un certain nombre d'aiguilles et saphirs, actuellement sur le marché.

N°	Rayon de la pointe μ
6	50
7	65
8	—
9	80
10	110
11	55
12	75
13	70
14	25

Le sillon idéal représenté par le chablon des photographies correspond à un pas de 0,25 mm; cette valeur du pas étant très répandue dans les disques du commerce, on peut être étonné de voir plusieurs types d'aiguilles, qui leur sont en définitive destinés, être si mal adaptés à la forme du sillon. On peut même se demander comment l'aiguille de la photographie n° 10 peut assurer le guidage du pick-up.

L'aiguille n° 6 et le saphir n° 11 conviennent particulièrement bien tandis que l'aiguille de la photo n° 14 prévue pour jouer 20 faces de disques s'adapte également à des sillons plus fins tout en assurant une bonne reproduction des hautes fréquences près du centre du disque.

Pour déterminer rapidement le choix d'un type d'aiguille, nous préconisons l'emploi d'un microscope dont l'oculaire comporterait un dessin de sillons de pas différents. On apercevrait ainsi immédiatement la position de l'aiguille dans le sillon.

9. Influence du diamètre du sillon sur la courbe de réponse

a) Bande lumineuse

Lors de leurs études sur les mesures au moyen de la bande lumineuse, Buchmann et Meyer²⁾ ont admis

²⁾ Elektr. Nachrichtentechn. 7 (1930), p. 147.

³⁾ Akust. Z., 5 (1940), Seite 145.

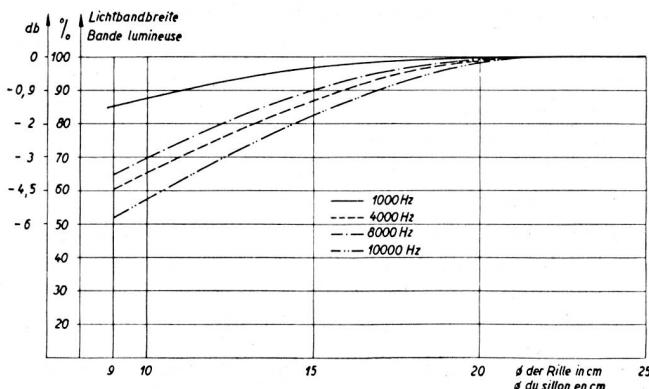


Fig. 9. Lichtbandbreite in Funktion des Rillendurchmessers für eine Schneidedose mit kleiner Eigendämpfung
Bande lumineuse en fonction du diamètre du sillon pour un graveur dont l'amortissement propre est faible

den hohen Frequenzen gering ist. Eine solche Dose bewirkt eine Lichtbandbreite, die gegen das Plattenzentrum hin um so kleiner wird, je höher die Frequenz ist. Fig. 9 zeigt die Lichtbandbreite in Funktion der Frequenz. Man sieht dort, dass die Abnahme der Lichtbandbreite bei 4000 Hz (Resonanzfrequenz der Dose) grösser ist als bei 8000 Hz. Diese Resultate ändern sich nur wenig, wenn man die Messungen mit anderen Plattenmarken vornimmt.

Dagegen wird eine mit Fett gedämpfte Schneidedose vom Rillendurchmesser praktisch nicht beeinflusst. Selbst eine Variation dieses Durchmessers von 28 cm auf 9 cm bewirkt blass 2 db Änderung der Lichtbandbreite, sogar bei 10 000 Hz.

c) Wiedergabe

Aus den berechneten Kurven der Fig. 10 kann man für jeden Krümmungsradius einer Grammophonnadel jene Frequenz entnehmen, die gerade noch unverzerrt übertragen wird; diese Ueberlegungen gelten für einen Rillendurchmesser von 10 cm und für verschiedene Schnellen.

Um zu zeigen, welche Folgen die Unkenntnis der vorerwähnten Zusammenhänge haben kann, haben wir folgendes Experiment gemacht: Drei verschiedene Plattenmarken wurden mit 1000, 2000, 4000, 8000 Hz bei konstanter Lichtbandbreite geschnitten. Man hat sie dann mit einer Nadel abgespielt, deren Krümmungsradius 50μ beträgt. Fig. 11 zeigt die dabei vom Pick-up gelieferte Spannung in Funktion des Rillendurchmessers für 4000 und 8000 Hz. Die Spannungsverminderung bei 1000 und 2000 Hz war so gering, dass es sich nicht lohnte, diese Werte in die Fig. 11 einzutragen. Bei den geschnittenen Amplituden (7,2 cm/s bei 4000 Hz und 5,6 cm/s bei 8000 Hz) wird die Abnahme der Pick-up-Spannung gegen das Zentrum der Platte hin vor allem durch den zu grossen Krümmungsradius der Nadelspitze verursacht. Die Kurven 1, 2, 3 (Fig. 11) unterscheiden sich durch kleine zusätzliche Dämpfungen; sie sind auf die Stauchung des relativ weichen Plattenmaterials zurückzuführen.

quelques approximations pour simplifier leurs calculs; R. Bierl²⁾ a déterminé les erreurs qui résultent de ces approximations. En ce qui concerne l'influence du diamètre des sillons, il a trouvé les petites erreurs suivantes dont nous n'avons d'ailleurs pas tenu compte dans nos mesures:

pour un diamètre de 8 cm et 78 t/min l'erreur est inférieure à 3%;

pour un diamètre de 12 cm et 33 $\frac{1}{3}$ t/min l'erreur est inférieure à 6%.

b) Enregistrement

Selon l'importance de l'amortissement propre du graveur, l'amplitude du burin est plus ou moins fonction de l'amortissement extérieur que provoque la coupe du disque. Ce dernier est variable selon la matière du disque et surtout selon sa vitesse linéaire. La figure 9 représente la variation de la bande lumineuse en fonction du diamètre des sillons pour un graveur dont l'amortissement interne est faible, surtout aux hautes fréquences; la bande lumineuse diminue d'autant plus vers le centre du disque que la fréquence est élevée. Remarquons cependant qu'à 4000 c/s (fréquence de résonance du graveur) l'atténuation est plus forte qu'à 8000 c/s. Si l'on répète ces mesures avec des disques de marques différentes, on n'observe que de très petites variations par rapport aux courbes susmentionnées.

²⁾ Akust. Z. 5 (1940), p. 145.

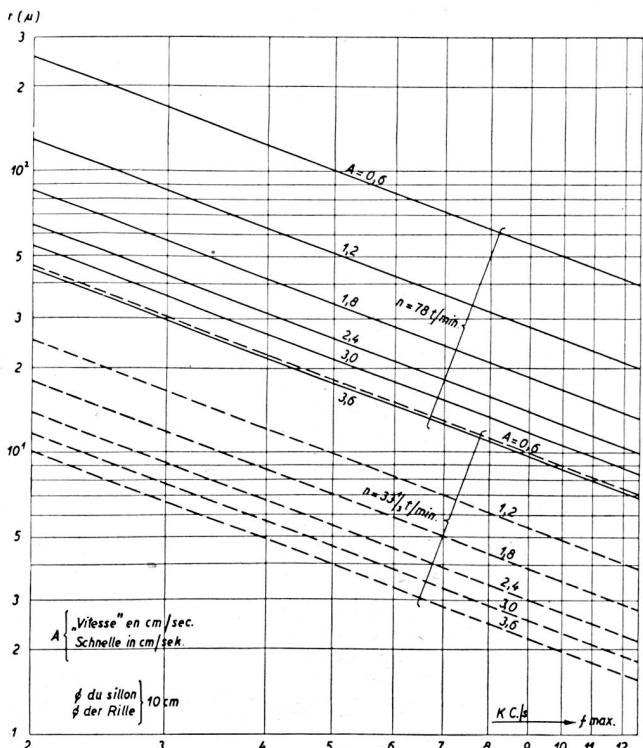


Fig. 10. Grenzfrequenz für eine verzerrungsfreie Wiedergabe in Funktion des Krümmungsradius der Nadel und der Schnelle

Fréquence limite pour une reproduction sans distorsion en fonction du rayon de la pointe de l'aiguille et de la vitesse

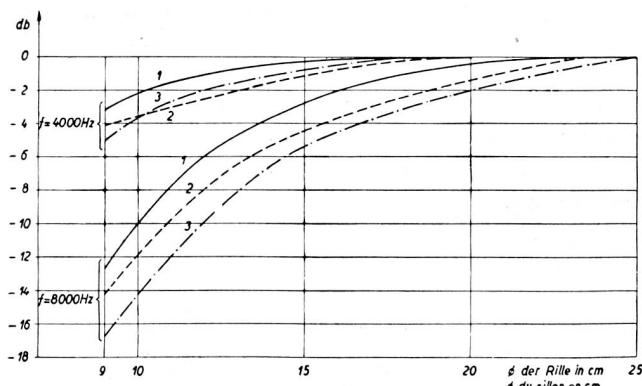


Fig. 11. Spannung des Tonabnehmers in Funktion des Rillendurchmessers für eine konstante Lichtbandbreite (3 verschiedene Plattenmarken)

Tension du pick-up en fonction du diamètre des sillons pour une bande lumineuse constante (3 disques de marques différentes)

Das wiederholte Abspielen der in unserem Experiment verwendeten Platten verändert ihre Lichtbandbreite. Ihr Bild wird dadurch so verschwommen, dass eine Messung schwierig wird. Man kann jedoch abschätzen, dass sie bei 8000 Hz gegen das Zentrum der Platte nur noch halb so breit ist. Dieser Effekt wird bestimmt durch die Abnutzung der Platte mit einer zu dicken Nadelspitze verursacht.

Ein zweites Beispiel, bei dem man sich den idealen Wiedergabebedingungen der Fig. 10 nähert, gibt sofort viel günstigere Resultate. Mit einem Saphir, dessen Krümmungsradius $r = 20 \mu$ beträgt, ergibt sich dann bei 8000 Hz nur noch ein Abfall von 4 db für die Pick-up-Spannung. Es handelt sich dabei um eine Platte aus weichem Material, auf welchem diese Frequenz mit einer Schnelle von 4 cm/s geschnitten wurde; der kleinste Rillendurchmesser betrug 10 cm.

Man könnte die Güte einer Nadel rasch ermitteln, wenn man mit ihr eine gepresste Platte spielt, auf der eine reine Frequenz von 8000 Hz bis zu einem Rillendurchmesser von 5 cm aufgezeichnet ist. Man würde damit einfach die vom Pick-up gelieferte Spannung in Funktion des Rillendurchmessers messen.

Solche Platten aus hartem Material wären ferner sehr geeignet als Vergleichsbasis zur Bestimmung der Eigenschaften der Platten für direkte Aufnahme. Man könnte dann mit einem bestimmten Nadeltyp die Dämpfung der hohen Frequenzen in Funktion des Rillendurchmessers messen.

10. Zusammenfassung

Die neuen amerikanischen Normen, bei denen bei der Aufnahme die hohen Frequenzen angehoben werden, ergeben eine Vergrößerung der Dynamik um 4...14 db. Damit ergibt sich jedoch eine Vergrößerung des Einflusses des Rillendurchmessers auf die hohen

Par contre un graveur MAG type 2370 c amorti avec de la graisse n'est pratiquement pas influencé par le diamètre du disque; même à 10 000 c/s la bande lumineuse reste constante à 2 db près pour une variation de diamètre du sillon de 28 à 9 cm.

c) Reproduction

La figure 10 donne les valeurs calculées de la fréquence limite transmise sans distorsion, en fonction du rayon de courbure de la pointe des aiguilles de reproduction, pour un diamètre du sillon de 10 cm. et pour différentes vitesses.

Pour estimer l'importance des données ci-dessus, nous avons enregistré des disques de 3 marques différentes avec une bande lumineuse constante aux fréquences de 1000, 2000, 4000 et 8000 c/s. Nous les avons ensuite joués avec des aiguilles dont la pointe a un rayon de 50μ ; la figure 11 représente la variation de la tension fournie par le pick-up en fonction du diamètre des sillons aux fréquences de 4000 et 8000 c/s. A 1000 et 2000 périodes les différences de niveau sont trop faibles pour qu'elles vallent la peine d'être reportées graphiquement. La diminution de la tension du pick-up vers le centre du disque est tout d'abord due au trop grand rayon de courbure de la pointe de l'aiguille pour les amplitudes enregistrées (7,2 cm/sec à 4000 et 5,6 cm/sec à 8000). Les différences entre les courbes 1, 2 et 3 représentent un affaiblissement auxiliaire qu'il faut attribuer à l'écrasement de la matière relativement tendre des disques.

L'audition répétée des disques en question modifie leurs bandes lumineuses; l'image devient trop floue pour qu'on puisse la mesurer, mais on peut estimer qu'elle diminue de moitié vers le centre du disque. Cette variation provient sans doute de la déformation des sillons par la lecture avec une aiguille dont le rayon est trop grand.

Un second exemple dans lequel on se rapproche des conditions idéales de reproduction de la figure 10 donne des résultats beaucoup plus favorables. La chute de tension du pick-up n'est que de 4 db si on utilise un saphir dont $r = 20 \mu$ pour une fréquence de 8000 c/s. Cette fréquence est enregistrée avec une «vitesse» de 4 cm/sec sur un disque tendre et le diamètre minimum du sillon est de 10 cm.

Nous ferons presser des disques de fréquences avec lesquels on déterminera rapidement les propriétés des aiguilles de reproduction en mesurant la variation de la tension du pick-up en fonction du diamètre du sillon. Ces disques, pris comme référence, permettront en outre d'estimer le rôle que joue la matière des enregistrements directs sur l'affaiblissement des hautes fréquences en fonction du diamètre des sillons.

10. Conclusion

Les nouvelles normes américaines prévoient une augmentation du niveau des hautes fréquences à l'enregistrement; il en résulte une amélioration de la dynamique de 4 à 14 db. Elles provoquent par contre une accentuation de l'influence du diamètre des sillons

Frequenzen. Dieser Nachteil kann aber durch Schneidestichel und Abspielnadeln mit kleinem Krümmungsradius kompensiert werden. Als Folge dieser Massnahme lässt sich nun eine grössere Rillenzahl/cm anwenden, wodurch als weiterer Vorteil eine längere Spieldauer und damit eine grössere Wirtschaftlichkeit erreicht wird.

Als Ganzes gesehen, ergeben also die neuen Normen einen bedeutenden technischen Fortschritt.

aux hautes fréquences. Cet inconvénient peut-être cependant partiellement compensé par l'emploi d'aiguilles et de burins pointus.

On est ainsi conduit à graver des sillons d'un pas plus fin, ce qui a l'avantage d'augmenter la durée des enregistrements et par conséquent de les rendre plus économiques.

Dans l'ensemble, l'adoption des nouvelles normes américaines présente un avantage incontestable.

Beitrag zu einer Näherungsformel für die Nachtfeldstärkenkurve des CCIR

(Zylinderwellenformel nach Weyrich)

Von C. Glinz, Bern

621.396.81.001.4

Im ersten Teile werden die Angaben über die Ausbreitung der Radiowellen zusammengefasst, die in den Akten der verschiedenen Konferenzen des Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) enthalten sind. Im zweiten Teile wird versucht, eine Theorie von R. Weyrich über das Strahlungsfeld einer endlichen Antenne zwischen zwei vollkommen leitenden Ebenen auf den Wellenbereich 2000...200 m, zwischen Erdoberfläche und Ionosphäre, anzuwenden. Durch Interferenz und Superposition entsteht eine Zylinderwelle, deren Feldstärke mit $1/\sqrt{r}$ abnimmt. Führt man die zunächst vernachlässigte Dämpfung auf dem Umweg über die Sommerfeldsche Funktion $f(\rho)$ wieder ein, so lassen sich für grosse r näherungsweise Formeln angeben, die als Approximation der Nachtfeldstärkenkurve gelten können.

1. Die Feldstärkenkurven des CCIR

Die Hertzsche Kugelwellenformel bildet die Grundlage der theoretischen Gesetze über die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen. Steht eine vertikale kurze Antenne, deren Höhe kleiner als $\lambda/4$ ist, auf einer vollkommen leitenden Erdoberfläche, so gilt nach Abraham:

$$E_0 = \frac{300}{r/\text{km}} \cdot \sqrt{P/\text{kW}} \cdot \cos \alpha \quad \frac{\text{mV}}{\text{m}} \quad (1)$$

Diese Formel stellt in der Schreibweise nach DIN 1313 eine zugeschnittene Grössengleichung dar, worin beispielsweise der Faktor P/kW nicht als Bruch, sondern als Zahlenwert der Strahlungsleistung, in kW gemessen, zu sehen ist. Gemäss Formel (1) ist die elektrische Feldstärke E_0 abhängig vom Abstand r des Aufpunkts, von der Strahlungsleistung P und vom Abstrahlwinkel α , den die Richtung nach dem Aufpunkt mit der horizontalen Erdoberfläche einschliesst.

Die Messungen längs der Erdoberfläche ergaben in Wirklichkeit eine gegenüber dem Idealbetrag E_0 reduzierte Feldstärke E . Auf mehrere Arten versuchte man, die Verluste in den Uebertragungsmedien mathematisch anzugeben. Das Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) diskutierte an seiner zweiten Tagung in Kopenhagen 1931 die Ausbreitung der direkten Wellen nach folgenden Formeln¹⁾:

- a) nach Austin-Cohen (1926), worin die Absorption in einem Dämpfungsfaktor enthalten war, dessen Exponent α rein empirisch von Fall zu Fall ermittelt wurde;
- b) nach Sommerfeld-van der Pol (1931) für ebene Erde, wobei in der Sommerfeldschen numerischen Entfernung ϱ die Dielektrizitätskonstante ϵ und die elektrische Leitfähigkeit σ des Erdbodens enthalten waren;
- c) nach G. N. Watson (1919), worin die Beugung der Wellen längs der gekrümmten Erdoberfläche beachtet wurde.

Die Formel für Kugelwellen längs einer ebenen Fläche erwies sich nur auf kurze Distanzen (100...200 km) als brauchbar. T. L. Eckersley konnte in seiner Neuberechnung der Watson-Formel den Dämpfungsexponenten als Funktion der Leitfähigkeit und der Wellenlänge angeben. Die Beugungsformel von Watson-Eckersley ist nur für Entfernungen über 100 km anzuwenden. Es schien vernünftig, sie mit der Sommerfeld-Formel für kurze Distanzen zu kombinieren.

Zuhanden der Weltnachrichtenkonferenz von Madrid 1932 besorgte eine Kommission unter dem Vorsitz von B. van der Pol eine graphische Darstellung der Feldstärke über Land und Meer, im Wellenbereich von 2000...200 m. Diese Kurvenscharen sind unter der Bezeichnung «Madrid Feldstärkenkurven» bekanntgeworden²⁾. Sie bildeten eine technische Grundlage für die Diskussionen an der Europäischen Rundspruchkonferenz von Luzern 1933.

Eine Kommission der USA erweiterte zuhanden der entsprechenden Nordamerikanischen Konferenz von Mexiko 1933 die Madrider Kurven auf fünf verschiedene Leitfähigkeiten³⁾. Durch das etwas willkürliche Zusammenfügen der Kurvenstücke nach Sommerfeld und Watson-Eckersley entstand für die kürzeren Wellenlängen ein unnatürlich anmutender Buckel, der in den USA-Kurven von 1933 besonders deutlich zu erkennen ist.

Zur dritten Tagung des CCIR in Lissabon, 1934, wurde von Eckersley vorgeschlagen, der Zahlfaktor 34 in seiner Beugungsformel sei so abzuändern, dass sich