

Mit wohlüberlegter Verzögerung gibt es jetzt auch für die Studioteknik den

Tonabnehmer TSD 15 mit SUPER-FINELINE-DIAMANT

Für die Begründung der Notwendigkeit kleiner Abtastradien wird von Hi-Fi-Autoren gern ein Vergleich mit der Formgebung des Schneiddiamanten angeführt. Um die Rille so exakt abzutasten, wie sie geschnitten wurde, wäre es wünschenswert, die Form der Abtastnadel an die Form des Schneidstichels anzupassen. Und nur die unausbleibliche Folge, daß die Abtastnadel dann auch als Stichel für die Schallplatte wirkte, würde diesen Bemühungen Grenzen setzen. Dieser Vergleich ist zwar anschaulich, erklärt aber nicht den genauen Sachverhalt. Das wird erkenntlich, wenn man sich die völlig unterschiedliche Aufgabenstellung von Schneidstichel und Abtastnadel klarmacht. Der Schneidstichel ist zuallererst ein spanabhebendes Werkzeug. Für seine Gestaltung gelten Forderungen, die aus den Erfahrungstatsachen der Werkzeugtechnik hergeleitet sind. Und es ist einleuchtend, daß diese Form nicht zuletzt vom Schneidfolienwerkstoff bestimmt ist. Das Bild 1 zeigt einen Schneidstichel für Lackfolien in perspektivischer Darstellung. Ein Schneiddiamant für Metallfolien sieht geringfügig anders aus. Er hat keine Konterfacetten; die Anstell- und der Keilwinkel sind anders bemessen. Deren Verhältnis ist so optimiert, daß im jeweiligen Werkstoff geringstmögliche Schneidkräfte auftreten. Hierzu völlig unterschiedlich sind die Forderungen, die an den Abtastdiamanten gestellt werden müssen. Auf die Zerspanungstechnologie braucht keinerlei Rücksicht genommen zu werden, dafür gelten aber Forderungen nach geringen Amplitudenverlusten bei der Abtastung höchster Übertragungsfrequenzen, geringen Abtastverzerrungen, sowohl bei der horizontalen, als auch bei der vertikalen Komponente, und schließlich nach möglichst geringer Rillenabnutzung während des Abtastvorganges. Es erscheint sinnvoll, die letzte Forderung dieser Aufzählung zuerst zu



betrachten. Denn die daraus gewonnenen Erkenntnisse bestimmen die Kompromisse, die bei der Erfüllung der beiden ersten Forderungen getroffen werden müssen. Ein – wie auch immer – gestalteter Abtaster wird in beiden Rillenflanken aufliegen. Je nach Formgebung und Auflagekraft wird hierbei die Rillenwand elastisch verformt. Im einfachsten Fall, also bei einem konischen Abtastdiamanten mit sphärischer Spitzenverrundung, werden die Eindrücke die Form von Kugelkalotten aufweisen. Weil die Kräfteverteilung darin mathematisch unübersichtlichen Beziehungen unterworfen ist, geht man von einer Kreisfläche aus, die gleichmäßig belastet wird. Mit dieser Vereinfachung und unter der Annahme, daß die elastische Verformungsgrenze des Plattenmaterials bei 40 kp/mm^2 liegt, kann man

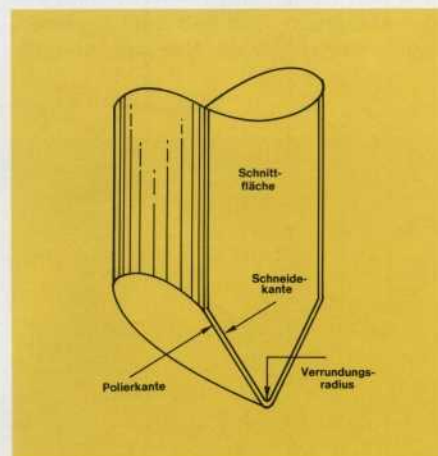


Bild 1
Schneidstichel für Lackfolien. Die Ähnlichkeit mit einem Drehstahl ist unverkennbar.

schließlich einen Zusammenhang zwischen dem Abtastradius und der zulässigen Auflagekraft angeben (Tabelle Bild 2). Man erkennt daraus, daß bei einer vorgegebenen Auflagekraft von 25 mN – ein Wert, den die Studiotechnik aus Gründen der Betriebssicherheit fordert – ein Verrundungsradius von 15 μm nicht unterschritten werden sollte.

Abtast- radius [μ]	zulässige Auflagekraft [p]
5	0.35
12	2
15	3.1
18	4.5
25	8.7
65	59

Bild 2
Beispiele der zulässigen Auflagekraft der Abtastnadel bei verschiedenen Abtastradien (bezogen auf ein errechnetes Beispiel, und zwar unter sonst gleichen Bedingungen).

Bevor nun Wege aufgezeigt werden, wie dies trotzdem geschehen kann, soll zunächst untersucht werden, welcher Wert zur Erfüllung der anderen oben genannten Forderungen anzustreben ist. Aus der Drehzahl und dem Durchmesser der Innenrinne läßt sich die kleinste aufzuzeichnende Wellenlänge leicht ermitteln. Sie beträgt für 15 kHz ca. 14 μm . Daraus ist ersichtlich, daß im Innenradius die Wellenlänge bereits in die Größenordnung des Abtastradius kommt. Noch wichtiger für diese Betrachtung ist aber die Kenntnis der Spitzenschnelle. Denn bei gegebener Frequenz bestimmt sie die Steilheit eines Wellenzuges im Nulldurchgang und den Krümmungsradius im Amplituden-Maximum. Aus Bild 3 ist zu erkennen, daß der Winkel, den eine Modula-

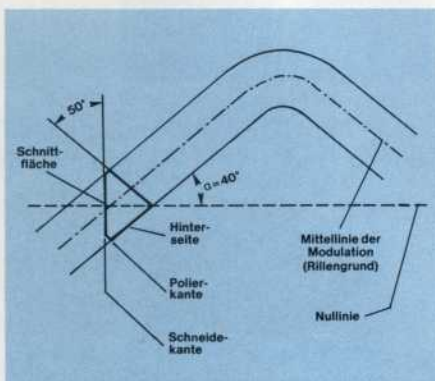


Bild 3
Schneidstichel (im Schnitt) in der Rille. Seine hintere Flanke bestimmt den maximalen Auslenkwinkel.

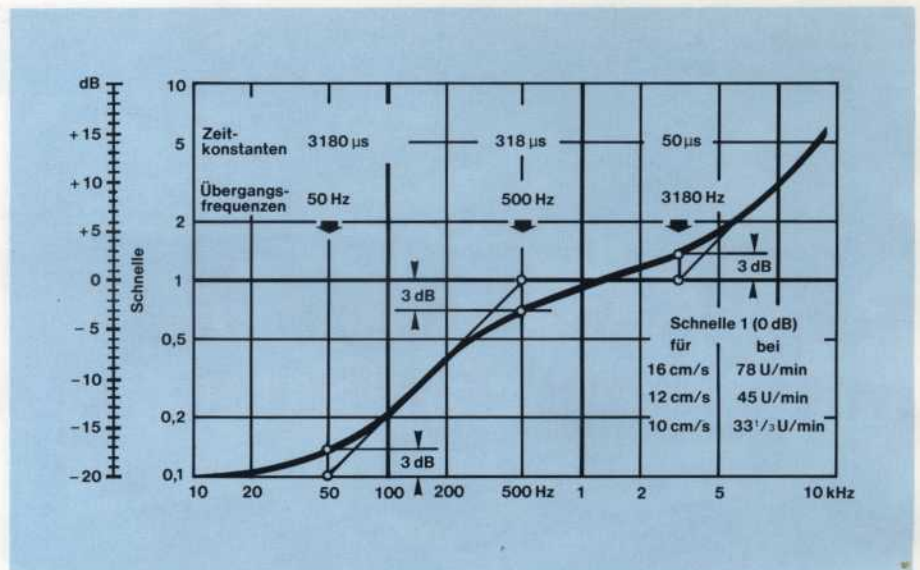


Bild 4
Die genormte Schallplattenschneldkennlinie.

tion im Nulldurchgang mit der Null-Linie bildet, nicht größer sein kann, als der durch die Hinterseite des Schneidstichels mit der Mittellinie gebildete Winkel. Er beträgt bei Diamanten, die für den Lackschnitt vorgesehen sind, ca. 40°. Mit dieser Begrenzung kann man die maximale Schnelle für die Innenrinne bei 15 kHz errechnen. Sie beträgt etwa 18,4 cm/s. Aus der Schneldkennlinie (Bild 4) kann man entnehmen, daß eine Frequenz von 15 kHz gegenüber 1 kHz eine Anhebung von 17 dB erfährt. 17 dB entsprechen einem linearen Faktor von 7,08, und da die zugelassene Normschnelle bei 1 kHz nach DIN 45537 10 cm/s beträgt, würde dies bei 15 kHz eine Schnelle von 70,8 cm/s ergeben. Wegen der Amplitudenstatistik natürlicher Schallereignisse – aus der die Schneldkennlinie ihre Existenzberechtigung bezieht – werden derartige Werte in der Praxis kaum auftreten. Jedenfalls solange natürliche Schallereignisse aufzuzeichnen sind. Bei der Aufnahme elektronischer Musik oder von Instrumenten, die mit elektronischen Mitteln verfremdet wurden, dürfte aber die schneidbare Schnelle von 18,4 cm/s erreicht werden. Soll diese durch den Schneidstichel gegebene Grenze bei der Wiedergabe voll ausgenutzt werden, so ist dafür ein Abtastradius von höchstens 3,6 μm einzusetzen. Auf den Abdruck des einfachen, aber etwas umständlichen Rechenganges, der zu diesem Wert führt, soll hier verzichtet werden. Es wird dafür auf [1] verwiesen. Aus der Tabelle I geht hervor, daß für solche Abtastradien bei kreisförmiger Auflagefläche, zur Vermeidung plastischer Verformungen der Rille, eine Auflagekraft von weniger als 3,5 mN gewählt werden muß: ein Wert, der selbst für den Hi-Fi-Bereich nicht zu realisieren ist. Abge-

sehen davon läßt sich der geforderte Wert von 3,6 μm für den Abtastradius nicht einfach dadurch herstellen, daß man den Verrundungsradius des Diamanten verkleinert.

Den Zusammenhang zwischen Verrundungs- und Abtastradius für einen konischen Diamanten zeigt das Bild 5.

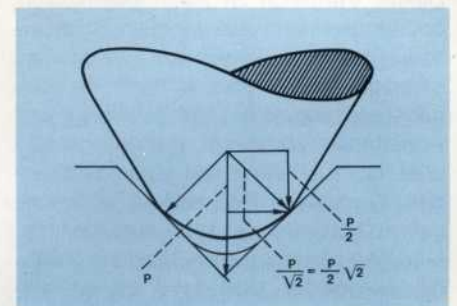


Bild 5
Bei der sphärischen Nadel ist der eigentliche Abtastradius um den Faktor $\frac{1}{\sqrt{2}}$ kleiner als der Verrundungsradius.

Der Diamant würde dann notwendigerweise auf dem Rillengrund aufliegen (Bild 6). Rauschen und Verzerrungen wären die Folge. Der erste Ausweg aus dieser Notlage bot der sogenannte elliptische Nadelschliff. Er hat in Richtung des Rillenquerschnitts etwa die gleichen Abmessungen wie ein herkömmlicher konischer Diamant und wird somit von den Rillenflanken getragen. In der Laufrichtung ist der Verrundungsradius aber drastisch reduziert, womit an den beiden Flanken ein Abtastradius in der gewünschten Größenordnung erzeugt wird. Mit einer solchen Formgebung ist aber der Nachteil des zu hohen Flächendrucks nicht behoben. Die Auflagefläche bleibt klein und die einzige Maßnahme zu zulässigen Flächendrücken zu kommen, ist der Weg über die Verringerung der Auflagekraft.

In der Praxis zeigte sich außerdem, daß die in diesem Artikel nicht behandelten dynamischen Verzerrungen – hier werden notwendigerweise die geometrischen Verzerrungen bevorzugt betrachtet – unter bestimmten Umständen bei Verwendung eines elliptischen Nadelschliffes sogar größer werden [3].

Als man anfangs der 70er Jahre auf den CD4-Quadrophonieplatten einen Hilfsträger von 38 kHz sicher abtasten wollte, entwickelten die japanischen Erfinder dieses Systems einen speziellen Nadelschliff, der dies gestattet, ohne daß der Flächendruck unzulässig hoch wurde.

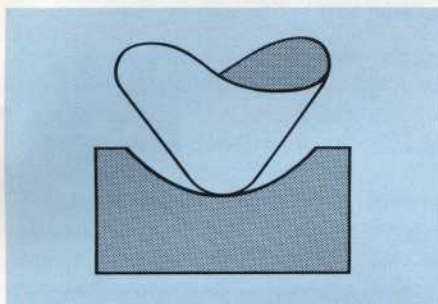


Bild 6
Wenn es vom zulässigen Flächendruck statthaft wäre, den Verrundungsradius ausreichend klein zu gestalten, würde die Nadel auf dem Rillengrund schleifen.

Nach seiner ersten Bezeichnung ging er als „Shibata“-Schliff in die Geschichte der Schallplatte ein. Sein Prinzip bestand darin, daß man für das Profil, das in den Rillenflanken aufliegt, einen wesentlich größeren Verrundungsradius wählte, und derart aus der kreisförmigen Berührungsfläche eine langgezogene machte. Bild 7 ist aus [2] entnommen. Die Quadrophonieplatte konnte sich nicht durchsetzen. Das Prinzip des Shibata-schliffs hingegen wurde für die konventionelle Stereoschallplatte übernommen. Er wurde in der Folgezeit optimiert. Einerseits wollte man damit seinen Vorteil, nämlich die großen, nach oben gezogenen Auflageflächen erhalten, andererseits sollte dadurch aber die Abtastung der Vertikalinformation der Rille nicht verschlechtert werden. Heute sind solche Schliffen unter den verschiedensten Bezeichnungen bei hochwertigen Hi-Fi-Tonabnehmern Stand der Technik. Im professionellen Bereich mußte die Entwicklung notwendigerweise langsamer gehen. Einmal steht nach wie vor die Betriebssicherheitsforderung mit der Folge der zwei- bis dreifach höheren Auflagekraft an erster Stelle. Die durch die Materialeigenschaften der Schallplatte gegebenen Grenzen für den Flächendruck gelten auch für den hier zu entwickelnden Spezialschliff.

Weiterhin mußte aber aus Kompatibilitätsgründen auf Platten Rücksicht genommen werden, die mit vertikaler Vor-

verzerrung geschnitten worden sind. Dabei handelt es sich um Verfahren, die unter den Firmenbezeichnungen „Royal Sound Stereo“ und „Dynagroove“ bekannt sind. Die hier angewendete Vorverzerrung bezieht sich in der Regel auf die Abtastung mit einem sphärischen Diamanten. Es ist verständlich, daß solche Platten in der Programmabwicklung ohne Austausch des Tonabnehmers abgespielt werden müssen.

Nach entsprechenden, recht langwierigen Untersuchungen wurde bei EMT nun ein Diamantschliff gefunden, der die drei Hauptforderungen erfüllt.

1. Verzerrungsarme Abtastung von mit großer Amplitude aufgezeichneten hohen Frequenzen in den inneren Plattenrillen.
2. Geringer Flächendruck und damit kleiner Plattenverschleiß.
3. Kleine Werte für den quadratischen Klirrfaktor, auch bei vorverzerrt geschnittenen Platten.

Die elektrischen Anschlußwerte sind gegenüber dem bisher gefertigten Tonabnehmersystem nicht geändert worden. Auch der Nennwert der Auflagekraft wurde bei 25 mN belassen. Somit ist auch hier eine optimale Abstimmung der Auflagekraft in Verbindung mit der Compliance und der Nadelmasse vorhanden. Bei Systemaustausch sind keine mechanischen oder elektrischen Justierungen erforderlich. Um diese vollständige Kompatibilität auch dem technisch nicht versierten Anwender deutlich

zu machen, wurde die Systembezeichnung TSD 15 nicht verändert. Lediglich der Goldton des Typenschildes soll auf den neuen Abtastdiamanten hinweisen. Die Abbildungen 8 und 9 zeigen die mit dem derart verbesserten Tonabnehmer erzielten typischen Meßwerte. Es ergibt sich ein konstanter Frequenzgang. Auch bei kleinen Abspielradien zeigen sich praktisch keine Wellenlängenverluste im Hörbereich. Aufgrund des besseren Rillenkontaktes erhält man auch bei impulsartigen Aufzeichnungen eine natürliche Wiedergabe, und schließlich wurden die Abtastverzerrungen im kritischen Hochtonbereich auf etwa ein Drittel ihres früheren Wertes reduziert.

Um eine Frage vorweg zu nehmen, die mit Sicherheit von Besitzern früher gefertigter Systeme gestellt werden wird: Ältere TSD-15-Tonabnehmer lassen sich ohne Schwierigkeit auf den Super-Fineline-Diamanten umrüsten.

Literatur:

- [1] Schmidt, U.: Die Vorgänge bei der Abtastung von Schallplatten, Funktechnik 1964, H. 23, S. 848 ff.
- [2] Eargle, J.: Sound Recording, Van Nostrand New York 1976.
- [3] Walton, J.: Stylus Mass and Elliptical Points, Journal of the Audio Engineering Society 1966, S. 153.

Bild 7
Unterschiedliche Nadelschliffen und die jeweils damit erzielte Auflagefläche.

	0.7 mil	0.5 mil	Elliptical	Shibata
Front-ansicht				
Schnitt A-A'				
Sicht auf die Berührungsfläche				
Berührungsfläche	30.5 µm²	23.4 µm²	20.6 µm²	46.7 µm²

Bild 8
Bis 30 kHz ist der Frequenzgang des Tonabnehmers TSD 15 mit Super-Fineline Diamant nahezu linear. Dies bedeutet, daß keine Wellenlängenverluste im Hörbereich auftreten.

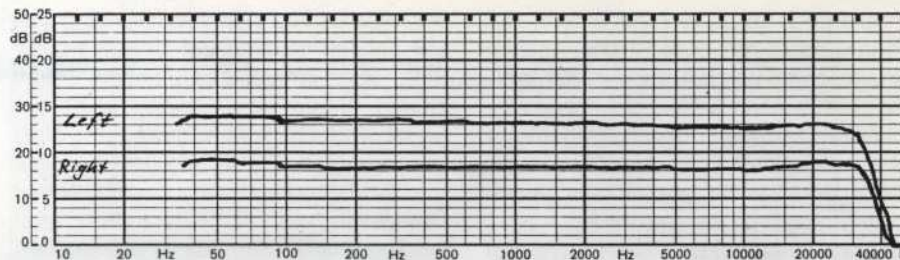


Bild 9
Die Hochtonverzerrungen des verbesserten Tonabnehmers TSD 15 im Vergleich zu den Werten, in an der Ausführung mit sphärischem Diamant gemessen wurden.

