

Technik und Tipps

Thales: der tangentiale Drehtonarm

Ein Beitrag von Micha Huber, Konstrukteur Thales-Tonarm

Ich habe mich in den vergangenen Monaten intensiv mit der Entwicklung eines tangentialen Drehtonarms befasst. Obwohl sich die Begriffe «tangential» und «Drehtonarm» im Blick auf die Theorie der klassischen Tonarmgeometrie eigentlich ausschliessen, ist eine Verbindung der beiden Ansätze doch sinnvoll. Ich gehe in diesem Artikel auf einige Erfahrungen ein, die ich bei der Entwicklung gesammelt habe. Dabei suche ich eine ausgewogene Darstellung der verschiedenen Aspekte des Themas: der geometrischen Grundlagen, der technischen Gegebenheiten der Plattenwiedergabe, verschiedener selten gesehener Patentschriften und der Neuentwicklung des Thales-Tonarms.

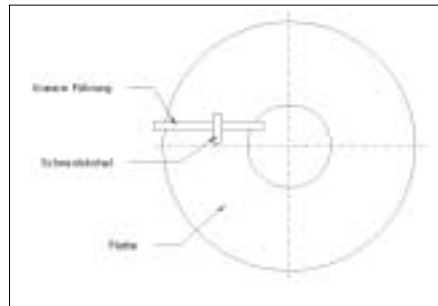
Der Spurfehlwinkel

Die Minimierung des Spurfehlwinkels ist bei jeder Tonarmgeometrie ein entscheidender Faktor, der die Konstruktion und das Design entsprechend beeinflusst. Im Folgenden werden die Entstehung und die Auswirkungen des Spurfehlwinkels kurz dargestellt.

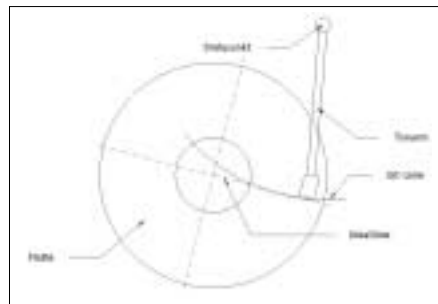
Beim Schneiden der Mutterplatte wird der Schneidstichel auf einem linearen Schlitten aktiv über die sich drehende Platte bewegt. Dadurch steht der Stichel immer rechtwinklig zum aktuellen Radius und damit stets tangential zur Plattenrinne.

Der Stichel vibriert analog dem Musiksignal und zwar für einen Stereoschnitt sowohl in der horizontalen Ebene (Seitenschrift) als auch in der vertikalen Ebene (Tiefenschrift).

Die beim Schneiden einer Mutterplatte auftretenden Kräfte können nur mit einer stabilen, kurzen Konstruktion unter Kontrolle gehalten werden und dazu ist die lineare Führung

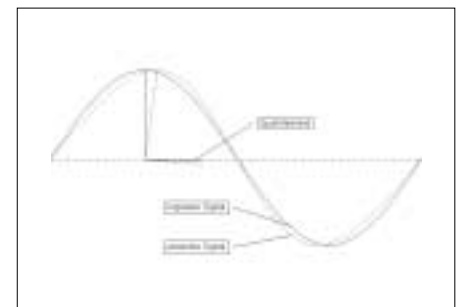


möglichst nahe am Schneidpunkt die nächstliegende Lösung. Andere Bedingungen herrschen beim Lesen der Schallplatte. Der Tonabnehmer muss sich immer über der Rinne zentrieren und bildet mit dem Tonarm zusammen ein schwingungsfähiges, träges System, um die geschnittene Rinne wieder in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Dazu ist ein passives, durch die Rillenspirale mitgezogenes Prinzip optimal.



Beim konventionellen Drehtonarm wird der Tonabnehmer auf einer Kreisbahn um ein Drehlager geführt. Durch den Hebelarm zwischen Abtast- und Drehpunkt resultiert die Lagerreibung nur in geringen seitlichen Kräften. Der Tonabnehmer ist bei dieser Konstruktion allerdings nicht mehr auf der gesamten Plattenfläche tangential führbar, da er sich auf einer Kreisbahn bewegt. Durch die richtige Einstellung (Position, Tonarmlänge, Überhang) erhält man aber zwei Punkte, wo der Tonabnehmer tangential steht (Nulldurchgän-

ge) und eine maximale Abweichung von der Tangente von ca. 2° (SME-V). Diese Abweichung nennt man Spurfehlwinkel.

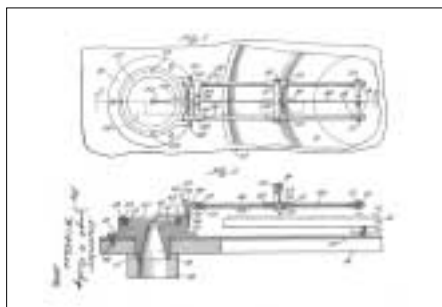


Der Spurfehlwinkel erzeugt eine nichtlineare Verzerrung jedes in Seitenschrift geschriebenen Signals, denn der Tonabnehmer steht nicht mehr tangential zur Plattenrinne und erfasst das analoge Signal somit winkelverzerrt. Die Grösse dieser Verzerrung hängt von der Grösse des Spurfehlwinkels, vom Musiksignal selbst und vom aktuellen Rillenumfang ab. Nach ausführlichen mathematischen Analysen von Baerwald und Löfgren lässt sich aus diesen Erkenntnissen die theoretisch optimale Tonarmgeometrie mit den geringsten effektiven Verzerrungen herleiten. Eine entscheidende Rolle spielen in diesem Zusammenhang die Tonarmlänge, die Kröpfung des Tonarms und die Position des Tonarmdrehpunktes gegenüber dem Plattenmittelpunkt.

Lösungen aus einem Jahrhundert

Um die bei der Plattenabtastung auftretenden Verzerrungen aufgrund von Winkelfehlern aufzuheben oder zu minimieren, sind seit der Erfindung des Phonographen im Jahre 1887 verschiedene Lösungswege eingeschlagen worden.

Thales: der tangentielle Drehtonarm



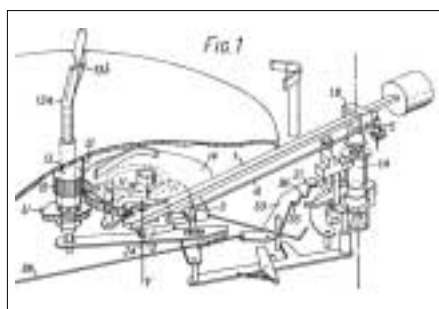
Das erste Patent einer tangentialen Abtasteinrichtung aus dem Jahre 1923 zeigt den heute noch am weitesten verbreiteten Lösungsansatz. Der Tonabnehmer wird – genau wie beim Schneiden des Masters – linear über die Plattenoberfläche geführt. Es gibt dabei passive und aktive Systeme.

Beim passiven Prinzip wird der Tonarm möglichst leichtgängig gelagert, um die seitlichen Kräfte des mitgezogenen Tonarms gering zu halten. Aktuelle Beispiele von passiven Systemen sind der Kuzma-Air Line (Luftkissenlagerung) und der Souther-TQ-1 (Rollenlagerung auf Quarzstäben).

Aktive Prinzipien führen den Tonarm ebenfalls linear und treiben ihn mit einem Motor an. Er wird also nicht mehr passiv von der Rille über die Platte gezogen. Dazu wird der Tonarm meist in einem kleinen Winkel drehbar gelagert auf einem Schlitten befestigt. Sensoren erfassen die Winkelabweichung des Tonarms und regeln die Position des Schlittens entsprechend nach. Theoretisch tritt hier also schon ein kleiner Spurfehlwinkel auf, der aber stets wieder aufgehoben wird. Es existieren auch Patente, nach deren Prinzip der Tonarm nicht Schritt um Schritt, sondern in einer konstanten, aktiven Bewegung über die Platte bewegt werden soll, indem fortlaufend die Geschwindigkeit des Schlittens nachgeregelt wird. Beispiele von aktiven Systemen finden wir unter anderem bei Revox und bei Pierre Lurné.

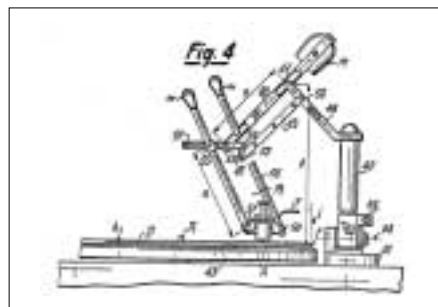
Die Nachteile des linearen Prin-

zipes liegen in dem hohen technischen Aufwand, um die Reibung zu minimieren oder die Winkelabweichung des Tonarms laufend nachzuregulieren. Meist erhalten wir dadurch viele Bauteile und sensible Konstruktionen. Ausserdem benötigen aktive Prinzipien immer einen kleinen Fehler, um überhaupt regeln zu können und verlassen so das tangential Grundprinzip, wenn auch nur ganz minimal.



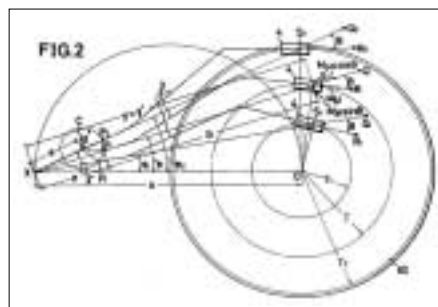
Die einzige in Serie ausgeführte, nichtlineare Lösung zu unserem Thema ist der bekannte Garrard Zero-100. Eine nur mit Drehlagern realisierte Parallelogrammkonstruktion ändert den Kröpfungswinkel des Headshells fortlaufend und kann so den Spurfehlwinkel auf $0,5^\circ$ minimieren. Ähnliche Lösungsansätze finden wir auch bei Burne-Jones und bei anderen zweiarmigen, meist trapezförmigen Konstruktionen. Mathematisch und geometrisch gesehen wird hier der Spurfehlwinkel zwar minimiert, aber nicht ganz aufgehoben. Es ist also keine tangential Abtastung im eigentlichen Sinne, sondern eine Verbesserung der Tonarmgeometrie durch ausgeklügelte Korrektur des Kröpfungswinkels.

Eine ausgefallene, aber deswegen nicht minder interessante Lösung zeigt eine Patentschrift von Thorens aus dem Jahre 1958. Der Tonabnehmer wird auch linear über die Platte bewegt. Eine auf raffinierte Weise im Gleichgewicht gehaltene, vertikale Hebelkonstruktion reduziert diese lineare Bewegung auf Drehlager.



Ähnliche Konstruktionen finden sich in vielen japanischen Erfindungen, die den Tonabnehmer durch verzahnte Hebel linear führen. Allerdings liegt hier der ganze Aufbau meist horizontal.

Ein weiterer erwähnenswerter Ansatz kommt ebenfalls in diversen japanischen Patenten vor. Dabei wird die Tonarmgeometrie eines einzigen Drehtonarms während dem Abtastvorgang so angepasst, dass der Abtastpunkt stets auf dem Nulldurchgang zu liegen kommt und dadurch eine tangential Abtastung entsteht.



Ausgeführt wird das auf unterschiedlichste Weise: durch Kurvenscheiben und -bahnen, durch elektromechanische Nachführung und sogar durch Getriebe. Bei manchen Vorschlägen wird der Tonarm in seiner Länge variiert, was auch eine stetige Anpassung der Lage des Gegengewichtes erfordert; bei anderen wird der Drehpunkt des Tonarms je nach Lage des Abtastpunktes auf einer bestimmten Kurve nachgeführt. Soche Lösungen sind extrem aufwendig und benötigen schnell einmal zwanzig Seiten an technischem Beschrieb.

Thales: der tangentielle Drehtonarm

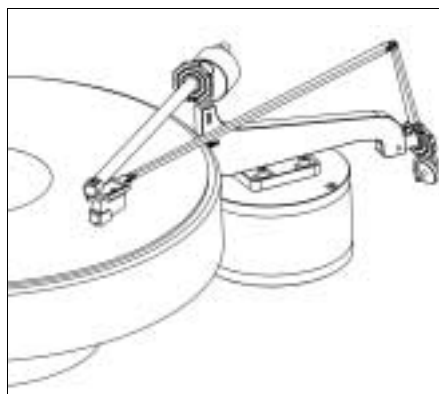
Der Thales Tonarm

Trotz all dieser Gedankengänge haben sich in der Praxis nur der einfache Drehtonarm und der lineare Tangentialtonarm durchgesetzt. In vielen Erklärungen werden diese beiden Varianten als die beiden einzigen, gegensätzlichen Lösungen dargestellt. Es wird immer wieder betont, dass der lineare Tangentialtonarm zwar geometrisch richtig wäre, aber durch die aufwendige Lagerung oder geregelte Nachführung mehr Probleme mit sich bringe, als er löse. Thales, der neue tangentielle Drehtonarm, benutzt zwar einen einfachen Lösungsansatz, der aber nur mit durchdachten Detaillösungen und einer entsprechend hohen Fertigungsqualität in die Realität umgesetzt werden kann.

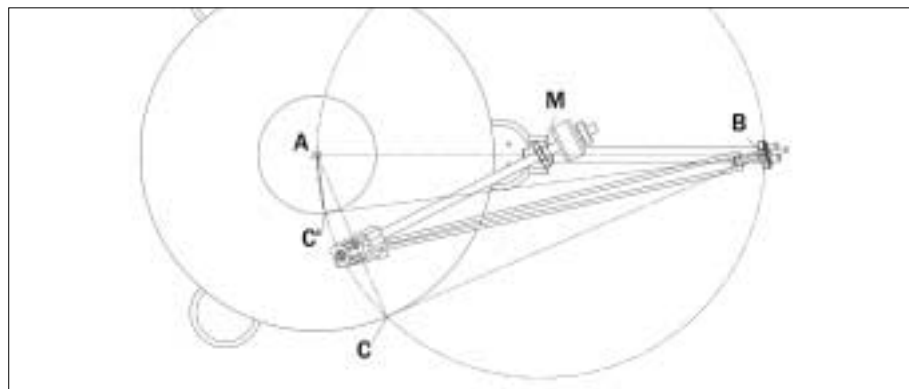
Wie der Name sagt, beruht die tangentielle Abtastung auf der Bewegung und Ausrichtung auf dem Thaleskreis: Alle Dreiecke ABC am Thaleskreis um M sind bei C rechtwinklig. Dadurch steht BC stets rechtwinklig zu AC und damit an jedem Ort tangential zur Plattenrinne mit dem jeweiligen Radius AC. Durch die Montage des Tonabnehmers exakt unter dem Punkt C und in der Flucht der Geraden BC ergibt sich – bei variabler Länge von BC – die tangentielle Abtastung. Diese Konstruktion ist seit dem 31.3.2005 unter der Nummer CH694567 patentiert.

Obwohl die Abtastung auf dem Thaleskreis auf den ersten Blick auf

der Hand liegt und einfach erscheint, verlangen doch verschiedenen Details gebührende Aufmerksamkeit. So darf die Längenänderung der Kathete BC konsequenterweise kein Linearlager enthalten, was mit einer ausgleichenden Hebelkonstruktion gelöst wurde. Alle Massenverhältnisse sind im Milligrammbereich minutiös erörtert, damit der Arm keine seitlichen Kräfte erzeugt und die Auflagekraft konstant bleibt. Wie beim konventionellen Drehtonarm, erzeugt die Reibung zwischen Platte und Abtastdiamant eine Kraft, die tangential (also in Richtung von BC) wirkt, sich aber nur in einem Drehmoment zum Plattenmittelpunkt hin auswirken kann. (Skatingkraft). Auch diese Kraft gilt es als variable Grösse auszugleichen.



Nur eine kompromisslose Ausführung der Idee lässt den Tonarm auf einem Niveau spielen, das den Aufwand einer Neuentwicklung überhaupt rechtfertigt.



Die Kardanlager sind schwingungsfrei und kompakt aufgebaut. Präzise Saphir-Spitzenlager, auch bei den Drehpunkten des ausrichtenden Arms, sorgen für geringe Reibung. Das Drehlager über dem Kopf besteht aus 25 Einzelteilen in höchster Präzision (unter 1 µm), die eine leichtgängige und spielfreie Verbindung zwischen Headshell und Tonarm garantieren. Sämtliche Arme sind aus massivem Magnesium herausgearbeitet, was Schwingungsfreiheit und geringe Massenträgheit bringt. Das kleinste Einzelteil wiegt 0,009 Gramm und findet problemlos auf einem Streichholzkopf Platz.

Die Vorteile der Konstruktion sind nach der ganzen Entwicklungsphase eindeutig und rechtfertigen den Aufwand:

- kein Spurfelhwinkel und keine daraus resultierenden Verzerrungen
- geringe Reibung durch Drehlager; kein Linearlager, keine aktive Nachführung
- kurzer und damit resonanzarmer Tonarm möglich
- in allen Achsen gleichmässige Massenträgheit am Abtastpunkt
- Die Reibkraft zwischen Platte und Abtastdiamant wirkt gegen die Lagerreibung
- Dämpfung und Skatingkompensation sind über Massen einstellbar

Die klanglichen Eigenschaften lassen sich natürlich nicht zu Papier bringen. Der Prototyp des Tonarms spielt nach ausgedehnter Optimierungs- und Einstellphase auf höchstem Niveau, was mir von verschiedener Seite bestätigt worden ist. Bei Interesse kann der Tonarm jederzeit in Winterthur an einer Referenzanlage angehört und besichtigt werden. Die Produktion wird Mitte dieses Jahres anlaufen. Weitere Informationen finden Sie auf: www.tonarm.ch

Technik und Tipps

Micha Huber im Gespräch

Zur Person

Geboren 1980 in Winterthur, wächst Micha Huber mit sechs Geschwistern in Winterthur und Umgebung auf. Lehre als Mechaniker bei Soudronic Neftenbach. Er beginnt mit elf Jahren Panflöte zu spielen und unterrichtet dieses Instrument nun seit sechs Jahren an der Musikschule Prova in Winterthur. Nach Lehre und Militär studiert er Musik beim SMPV. Gleichzeitig absolviert er das Abendtechnikum in Schaffhausen (Fachrichtung Maschinenbau). Er arbeitet heute beim Unternehmen Uhrmacher Strehler, wo er für den Prototypenbau verantwortlich ist. Bei Entwicklung und Realisierung des Thales-Tonarms verbinden sich die beiden Hauptinteressen Micha Hubers, Musik und Mikromechanik, auf ideale Weise.



stehen. Die Fertigung und Wärmebehandlung der feinmechanischen Teile sowie das Finish und die Montage werden im Unternehmen meines Arbeitgebers ausgeführt. Einzelne grössere Komponenten lasse ich auswärts nach meinen Vorgaben herstellen. Momentan fliessen die Verbesserungen von ausgiebigen Hörtests an einer Referenzanlage in die Konstruktion ein. Ausserdem laufen Detailabklärungen im Bereich Montage und Fertigung. Ich habe mehrere Bestellungen und werde im Juli 2005 mit der Herstellung von zehn Exemplaren beginnen.

AAA: Was hat dich auf die Idee gebracht, einen tangentialen Drehtonarm zu entwickeln?

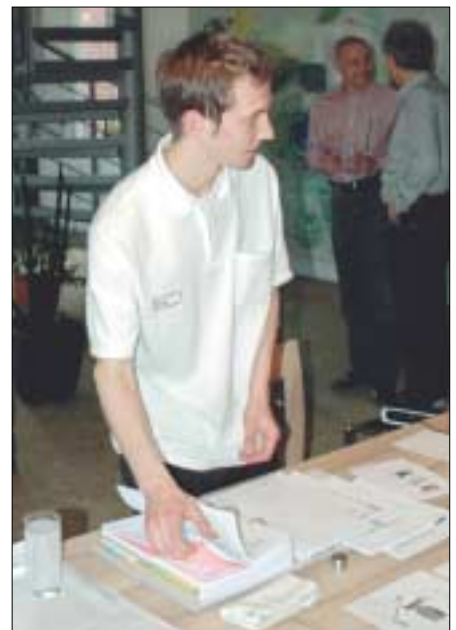
Micha Huber: Das Bedürfnis, technische Lösungen für bestehende Probleme zu finden, steht bei mir oft am Anfang einer Arbeit. Ich hatte schon lange ein grosses Interesse an Technik, Musik und Musikwiedergabe. Etwa mit 17 Jahren habe ich mich mit der Technik der Schallplattenwiedergabe und damit auch mit der Tonarmgeometrie beschäftigt. Es war spannend zu sehen, weshalb es Tangentialtonarme oder Drehtonarme gibt. Die Frage, weshalb diese beiden Prinzipien so gegensätzlich sein müssen und ob es nicht Möglichkeiten einer Verbindung gebe, hat mich nicht mehr losgelassen. Solche Überlegungen mache ich mir aber auch über Dutzende andere technische Details, es ist natürlich nicht immer so, dass man solche Gedanken dann auch umsetzt.

Ich habe damals mehrere verschiedene Lösungen aufgezeichnet, vielleicht gibt es etwa zehn davon, aber

erst durch meine Auseinandersetzung mit moderner Mikromechanik bei meinem Arbeitgeber Uhrmacher Strehler in Winterthur habe ich diese Idee wieder aufgegriffen. Hauptsächlich entwickeln wir neue mechanische Uhrwerke für die Industrie, und man darf sagen, dass wir mit modernsten Konstruktions- und Fertigungsmethoden und auch mit vielen Spezialverfahren arbeiten. Ein idealer Ort also, um mein Projekt umzusetzen.

AAA: Ist es richtig, dass du diesen Sommer zu produzieren beginnst? Existiert bereits ein eigentlicher Produzent?

Micha Huber: Einen Produzenten in diesem Sinne gibt es nicht. Die gesamte Entwicklung, Patentierung und der Prototypenbau liefen über mich privat. Für die Herstellung arbeite ich eng mit meinem Arbeitgeber zusammen. In diesem Sommer werden wir mit der Produktion beginnen. Wir arbeiten auf Bestellung. Man darf sehen, dass Einzelanfertigungen ent-



Micha Huber anlässlich...



... der Präsentation seines Thales-Arms

Micha Huber im Gespräch

AAA: Als was siehst du dich eigentlich: als Tüftler, als Wissenschaftler, als Problemlöser?

Micha Huber: Es ist faszinierend, wie bei einem solchen Projekt alle Aspekte zusammenkommen. Wissenschaftlich sind die akustischen Aspekte, die einfließen, da ist viel eine Frage der Physik, so etwa Gleichgewicht, Reibung und Dynamik (Massenträgheit). Diese Gesetze korrekt umzusetzen ist nur eine Seite, denn um ein technisches Problem zu lösen, braucht es auch Kreativität. Wie man im Einzelfall zu einem realisierbaren Konzept und zu einer Erfindung gelangt, bei der dann wirklich alles standhält, ist schwer zu erklären und nicht einfach schulisch erlernbar. Ich arbeite sehr kopflastig. Bevor ich mit der eigentlichen Konstruktion beginne, gehe ich gedanklich alle möglichen Varianten mit deren Randbedingungen und Auswirkungen durch. Da kann es sein, dass ich mehrere Stunden lang nur nachdenke, vielleicht etwas aufskizziere. Ich habe ein gutes, dreidimensionales Vorstellungsvermögen und kann mir auch physikalische Grössen wie Kräfte und Reibungseinflüsse bildlich vorstellen. Für die eigentliche Konstruktion arbeite ich dann mit 3D-CAD Programmen. Da lässt sich ein Grossteil der Grössen berechnen und simulieren. Auch die Fertigung der Teile geschieht primär direkt aus diesen 3D-Daten. Trotz dieser moderner Mittel sind Kenntnisse über die Geheimnisse und Detaileinflüsse für eine gute Klangqualität bei der Entwicklung eines Tonarmes aber nach wie vor entscheidend.

AAA: Ist vor dir noch niemand auf die Idee gekommen, einen tangentialen Drehtonarm zu entwickeln?

Micha Huber: Doch, natürlich sind schon viele auf solche Ideen gekommen. Bei der Patentierung meines

Produktes bin ich auf derartige Versuche gestossen. Es gibt einzelne Prototypen, die ausgeführt worden sind. Hauptproblem ist, dass man früher, also in den 60er Jahren, mit schwereren Materialien bauen musste. Einzelne Prototypen haben nur für mono funktioniert, andere waren zu schwerfällig für die modernen Tonabnehmer.

Ich habe den Eindruck, irgendwann hat sich die Tonarmfrage standardisiert, man hat Drehtonarme oder lineare Tangentialtonarme gebaut und diese stets ein wenig zu verbessern versucht. Gedanklich die interessantesten Ansätze, den Spurfehlwinkel zu minimieren, stammen von Japanern, nur waren diese Lösungen technisch leider sehr schlecht umsetzbar und hätten meist viel mehr Probleme hervorgerufen, als sie beseitigt hätten. Da gab es einen Lösungsansatz, der bereits mit dem Thaleskreis gearbeitet hat, aber mit bloss einem Arm, der die Position ändert. Es gibt Lösungen mit zwei Drehpunkten, die sich an tangentialen Bahnen abrollen und auch Vorschläge, die mit verzahnten Hebeln funktionieren. Die wirkliche Innovation meiner Lösung ist – neben der Abtastung auf dem Thaleskreis – das Arbeiten mit der dritten Dimension, denn ich gleiche die Längendifferenz der Tangente durch ein vertikales Hebelsystem aus und mache so jedes Linearlager und jede zweidimensionale Verschiebung eines Drehpunktes überflüssig. Man kann sagen, alle übrigen Ansätze seien irgendwie schon mal da gewesen, man hat aber immer bloss zweidimensional gearbeitet. Die Praxis hat gezeigt, dass meine Lösung noch andere Vorteile hat, so wirkt sich zum Beispiel die in den Längenausgleich integrierte, tangentielle Aufhebung der Reibkraft zwischen Platte und Diamant vorteilhaft

auf die mechanischen Spannungsverhältnisse der Abtastnadel aus. Ich möchte beifügen, dass es auf dem Markt heute sehr schöne Lösungen sowohl für Drehtonarme als auch für Tangentialtonarme gibt. Und es gibt dazu weiterhin Detailverbesserungen. Mein Ehrgeiz war es aber, eine wirklich neue Lösung umzusetzen.

AAA: Welche Anforderungen an ein Laufwerk stellt der Arm?

Micha Huber: Er benötigt im Grunde genommen vor allem genügend Platz, denn die gesamte Konstruktion ist etwas länger als ein normaler Drehtonarm. Der Prototyp ist jetzt an einem Brinkmann Laufwerk installiert. Grundsätzlich habe ich die SME Abstände eingehalten, die Basis wird aber für jeden einzelnen Fall spezifisch hergestellt und lässt sich so ans Laufwerk anpassen. Es könnte auch sein, dass leichte Modifikationen am Laufwerk vorgenommen werden müssten.

AAA: Kannst du etwas zur Patentierung deines Thales-Tonarms sagen?

Micha Huber: Nun, das ist tatsächlich ein eigenes Projekt. In der Schweiz läuft alles über das eidgenössische Institut für geistiges Eigentum. Nach ausführlichen Patentrecherchen, in denen man den Stand der Technik abklärt, bedarf es der Überlegung, was man an der ganzen Sache patentieren will. Man kann nicht einfach das gesamte Produkt patentieren lassen, sondern es gibt einen einzigen Satz, den so genannten Hauptanspruch, der genau definiert, was patentiert ist. Ich kann also nicht einfach die Benutzung des Thaleskreises in einem Tonarm patentieren lassen. Zudem muss man einen Weg finden, den Kern einer Erfindung anzumelden, ohne alle Geheimnisse der Ausführung preiszugeben.

Micha Huber im Gespräch

AAA: *Darf man fragen, ob du in Sachen Vertrieb nun bestimmte Hoffnungen hast?*

Micha Huber: Bei mir ist es oft so, dass ich einfach mal arbeite, ungeachtet dessen, was daraus wird. Mich reizte die Verbindung von Technik und Musik sowie der Beweis, dass noch wirkliche Neuheiten möglich sind; ausserdem wollte ich diesen Tonarm, deshalb habe ich die Entwicklung auch realisiert. Ich habe auch schon mit mehreren möglichen Vertriebspartnern gesprochen. Tatsache ist natürlich, dass bei einem Vertriebsunternehmen vielfach das technische Know-how nicht gegeben ist und das Zielpublikum bei einem solch speziellen Produkt doch eher klein ist. Trotzdem arbeite ich natürlich nicht ganz alleine. In audio-technischen Details und der Anbindung an die Referenzanlage hat mich die Firma «Audio Forum» in Zürich tatkräftig unterstützt. Walter Huber, mein Vater, macht die sprachliche Gestaltung der Texte (Homepage, Werbung etc.) Für Patentschrift, Homepage-Design, Marketing und Administration arbeite ich mit Andrea Brunner, einer Maturandin aus Winterthur, zusammen. Ausserdem bin ich in der glücklichen Situation, alle Tests und Vergleiche an der Referenzanlage von Alfred Künzler hier in Winterthur fahren zu können.

AAA: *Die Produktion der ersten zehn Exemplare steht nun bevor. Woher kommen deine Kunden? Kennen dich deine Kunden persönlich?*

Micha Huber: Nein keineswegs. Keiner meiner Kunden hat mich vorher gekannt. Interessenten und Kunden sind mehrheitlich über die Homepage auf mich aufmerksam geworden (oder über die AAA). Meine Kunden sind vor allem Deutsche, dazu bin ich im Moment mit einem interessierten Japaner im Gespräch. Meine Homepage wird in absehbarer



Der Prototyp des aussergewöhnlichen Arms

Zeit auch auf englisch verfügbar sein. Da mein Produkt eine wirkliche Neuheit und damit auch ein Diskussionsthema ist, interessieren sich viele Leute, den Tonarm einmal zu hören. Die meisten sind natürlich entweder technisch oder musikalisch oder auch an beidem stark interessiert.

AAA: *Welche Musik interessiert dich, was hörst du privat?*

Micha Huber: Mein Musikstudium war in erster Linie klassisch ausgerichtet. Für Panflöte original existiert zudem viel rumänische Volksmusik, die ich sehr mag. Ich spiele viel Klassik, vor allem Barockwerke (Transkriptionen von Flöten- und Violinkonzerten), und auch viel Kammermusik, mit Gitarre, Piano, Cembalo oder Orgel zusammen. Machen und Hören von Musik halten sich bei mir etwa die Waage. Im Studium habe ich mich viel mit barocker Komposition und auch mit Originalinstrumenten auseinandergesetzt. Romantische Musik, etwa von Tschaikowsky, höre ich erst etwa seit drei oder vier Jahren. Ich höre aber auch etwas Rock, Pop und Jazz. Zum



Das rubingelagerte Kardangelenk

Jazz habe ich den Draht allerdings erst wirklich gefunden, seit ich den Tonarm konstruiere, schlicht und einfach, weil es viele hochwertige Jazzaufnahmen gibt.

AAA: *Micha, herzlichen Dank für das Gespräch; die besten Wünsche der AAA für deine weitere Arbeit begleiten dich!*

Die Fragen stellte: Ernst Müller