

Antriebsarten von Plattenspielern

eine Gegenüberstellung

Postulat: ein Plattenteller sollte sich möglichst wie von alleine bewegen, um keinen Störeinflüssen aus dem Antrieb ausgesetzt zu sein. Dabei sollte die Bewegung des Tellers absolut ruhig und gleichmässig verlaufen, und vollkommen unabhängig von der Abtastung der Schallplatte sein.

1. Reibradantriebe

Reibradantriebe finden wir in den ersten Plattenspielern, die für die moderne Schallplatte gebaut wurden; schon vor etwa 50 Jahren hatte ein kleiner Telefunken-Koffer-Spieler einen Plattenteller mit solch einem relativ aufwändigem

Antriebskonzept. Heute spielen sie nur noch in Vintage Geräten eine Rolle, Neuproduktionen sind selten. Aufgrund bestimmter klanglicher Vorzüge, die ihnen nachgesagt werden sind aber die Vintage Geräte noch sehr beliebt und recht viele davon in Umlauf.

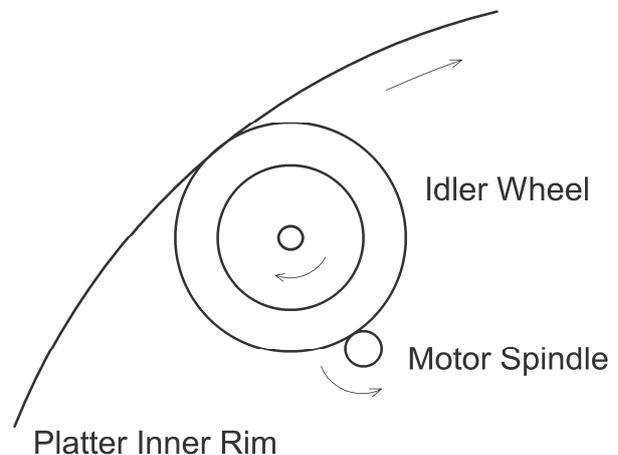
Die meisten Reibradantriebe sind klassisch als "rim drives" aufgebaut. Dabei dreht eine relativ schnell laufende Motorwelle ein Gummi-Reibrad, welches dann den Innenrand des Plattentellers antreibt.

Man kann diesen Antrieb auch wie ein Getriebe sehen - hätten Motorwelle und Zwischenrad Zähne, hätten wir eine klassische Getriebeanordnung, der Teller-Innenrand müsste dann einen Zahnkranz aufweisen.

Ein Zahnradantrieb würde aber zu hohe Störgeräusche mit sich bringen, deshalb ist das Zwischenrad mit einer Gummi-Schicht versehen und überträgt die Antriebskraft durch Reibung. Gegenüber einer Verzahnung, die ja keinerlei Schlupf ermöglicht und damit eine totale Kopplung zwischen Motor und Teller ergäbe, muss man bei einem Gummirad mit einem gewissen Schlupf rechnen. Das aber nur in geringem Masse, denn, ist der Teller erst einmal auf Drehzahl, gibt es keine hohe Kraft mehr zu übertragen.

Auch hier besteht eine starke Kopplung zwischen den Antriebselementen, die Motorkraft wird drehzahl-untersetzt in einem sehr hohen Maße an den Teller gebracht. Üblicherweise wird das Zwischenrad mit einem Federmechanismus in die Lücke zwischen Teller und Motorwelle gezogen, wo es sich dann durch die Drehrichtung des Motors noch stärker hineinzieht. Dadurch entstehen recht hohe Andruckkräfte, die auch im Anlauf für geringen Schlupf sorgen, allerdings beim Gummi des Zwischenrades auch für erhöhten Verschleiss.

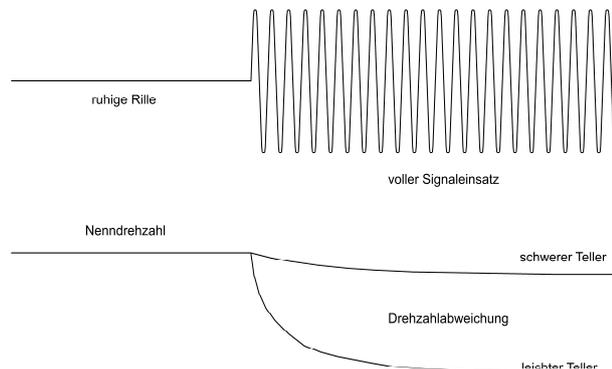
Klanglich gesehen liegt das Besondere dieser Antriebsform in dieser direkten Kopplung. Trotz relativ leichter Teller Masse - üblich waren bei den bisherigen Konstruktionen Gewichte von 1..3kg - "schiebt" dieser Antrieb die Musik förmlich an.



Etwaige Bremsmomente aus der Abtastung, wie sie z.B. bei unregelmäßigen Riemenantrieben deutlich erfassbar sind, wirken sich hier nicht rückwärtig auf die Drehzahl des Plattentellers aus - eine Getriebeanordnung dieser Art lässt sich rückwärts kaum beeinflussen.

An dieser Stelle eine Bemerkung zur Abhängigkeit der Drehzahl eines Plattentellers von der Modulation auf Schallplatten: betrachten wir den Fall einer Rille, die erst ruhig, quasi ohne Tonmodulation verläuft, und in der dann als nächstes ein Crescendo vieler Instrumente mit vollem Pegel einsetzt - ein nicht seltenes Vorkommen in der Musik.

Die heftige Modulation übt auf den Teller eine erfassbare Bremswirkung aus, klein, aber durch den plötzlichen Einsatz kommt es durchaus zu einem erkennbaren Einfluss auf die Wiedergabe. Z.B. die Dynamik des Crescendos kann eingeschränkt sein und die Tonhöhe der Instrumente kann soweit verändert sein, dass unser Ohr darauf reagiert. Schon beim Schneiden der Schallplatte kann es hier zu einer kurzen, kleinen Veränderung der Drehzahl führen, sodass schon ein entsprechender Fehler auf der Schallplatte verewigt ist. Eine Schallplattenschneidemaschine ist jedoch so ausgelegt, dass das so gut wie nicht vorkommt.



Schallplattenschneidemaschinen sind üblicherweise mit Synchronmotoren ausgerüstet, die sich streng an die zugeführte Frequenz der Wechselspannung halten. Diese Motoren sind durch die Vielzahl ihrer Antriebspole so langsam in der Drehzahl, dass sie direkt den Teller antreiben, eventuell entkoppelt durch eine Viskosekupplung ähnlich wie in einem Automatik-Getriebe. Durch den sehr kraftvollen Motor - zum Schneiden einer Schallplatte wird ja erheblich mehr Kraft gebraucht als für ihre Abtastung - und die hohe Tellermasse werden solche Bremsmomente wirkungsvoll verhindert resp. verringert.

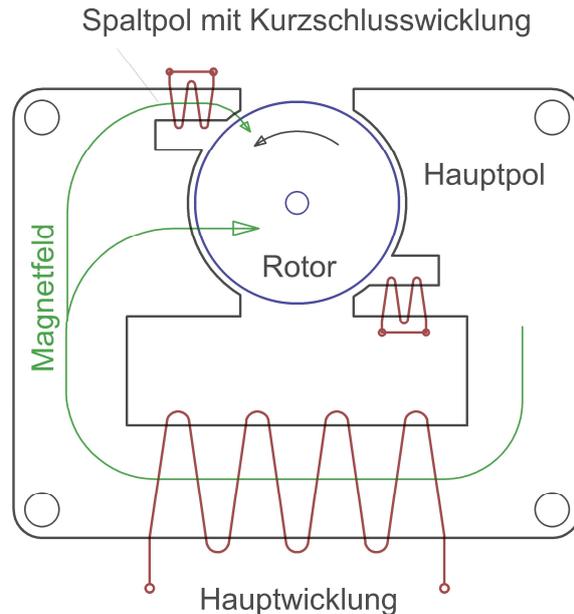
Eine Schneidemaschine hat meist einen Plattenteller recht hoher Masse, der Durchmesser liegt noch über dem der Schneidfolie und so wird eine hohe Fliehkraft aufgebaut.

Diese hohe Fliehkraft ist am besten geeignet, einem Bremsmoment zu begegnen, die Drehzahl bricht nicht schlagartig ein, sondern verlangsamt sich bei gleich bleibender Bremswirkung kontinuierlich. Einem verzögerten Abbremsen kann man aber relativ einfach mit einer Gegensteuerung (Regelung) begegnen. Dazu wird der Plattenteller drehzahlmässig abgetastet und eine Steuerung regelt die zusätzlich benötigte Kraft oder Frequenz nach. Also die Kombination von Tellermasse und Nachregelung sorgt in diesem Fall dafür, dass sich Bremsmomente nicht auswirken können.

Zurück zu den Reibradantrieben: hier war es die hohe Kraftkopplung vom Motor auf den Teller, die solche Bremsmomente verhindert, aber wie verhält es sich mit der Stabilität der Motordrehzahl?

In den früheren Konzepten wurden fast ausschliesslich so genannte Spaltpolmotoren verwendet. Diese Motoren zeichnen sich durch grosse Einfachheit aus, sie werden direkt am Netz betrieben und benötigen keine weiteren Bauteile zum Betrieb. Allerdings laufen sie nicht synchron mit der Netzfrequenz, sondern mit einer

gewissen Abweichung, die lastabhängig ist. Im Allgemeinen sind solche Motoren 2-polig und laufen deshalb sehr schnell, typische Drehzahl etwa 1400...1450 U/min. Dadurch muss die Antriebswelle relativ klein im Durchmesser sein, was wiederum die Gefahr des Schlupfes auf dem Zwischenrad mit sich bringt. Die Motordrehzahl wird bei 33U/min des Tellers etwa im Verhältnis 43 : 1 untersetzt. Solch ein Spaltpolmotor ist kräftig (im Bereich 10Watt) und bringt durch die Untersetzung eine relativ hohe Kraft an den Teller. Da seine Drehzahl aber lastabhängig ist, würde sich bei Alterungsprozessen der Mechanik (schwerer laufende Lager) die Drehzahl des Tellers verändern. Man musste also auf die Drehzahl Einfluss nehmen können. Das wurde durch eine künstliche, einstellbare Bremse, meisst eine Wirbelstrombremse, ermöglicht, mit der somit auch eine Feinregulierung der Tellerdrehzahl möglich ist.



SPALTPOLMOTOR

Der Motor läuft durch diese Massnahme immer unter einer gewissen, gleichbleibenden Last. Die sich rückwärtig durch das "Getriebe" auswirkenden Lastmomente verlieren sich vollkommen und wirken sich nicht mehr auf die Tellerdrehzahl aus. Daher das "Anschieben" der Musik.

So gesehen ein perfektes Antriebskonzept, wären da nicht ein paar "Probleme", die es leider auch mit sich bringt:

Der Spaltpolmotor vibriert leider recht kräftig im Betrieb, seine Schwingungen erreichen über die gute Kopplung leider auch den Plattenteller und auch das Chassis, eine komplizierte Aufhängung in Federn ist notwendig, kann aber nicht alles unterdrücken. Ebenso wird das Polrucken (cogging) des Motors nicht unterdrückt, auch wenn Spaltpolmotoren in dieser Disziplin recht sauber arbeiten.

Auch finden wir in einem Konzept mit Zwischenrad insgesamt drei in Buchsen gelagerte Wellen, die Motorwelle, das Lager des Zwischenrades und das des Plattentellers, die allesamt unter dem hohen Anpressdruck nicht geräuschfrei arbeiten. Dazu kommen durch den recht hohen Verschleiss Unebenheiten des Gummibelages des Zwischenrades, die sich als hörbare Störgrösse bemerkbar machen (Rumpeln). Ein Antriebskonzept mit guten klanglichen Eigenschaften, welches aber auch Nachteile mit sich bringt, die zumindest unter den hochauflösenden Anlagen unserer Zeit nicht mehr akzeptabel sind.

Es gab Versuche, die Vibrationen des Motors mit einem Antriebsriemen von der Motorwelle auf das Zwischenrad zu unterdrücken, aber ein solch kurzer Gummiriemen stellt auch keine vollkommene Isolation dar.

Auch war eine komplizierte Mechanik notwendig, um die verschiedenen Drehzahlen 33/45/78 an den mit gleichbleibender Drehzahl arbeitenden Motor anzupassen.

Aus dem Grund der Störgrösse und des aufwändigen Aufbaues wurde schon früh nach Alternativen gesucht.

2. Riemenantriebe

Riemenantriebe können sehr einfach aufgebaut sein. Ein kleiner Synchronmotor, ein meist aus weichem Gummi gefertigter Antriebsriemen, der um den Teller geführt wird, und schon geht's los. Simpler und vor allem billiger lässt sich ein Plattenspielerantrieb nicht herstellen. Hierin liegt wohl ein guter Grund, weshalb der Riemenantrieb im Laufe der Zeit alles andere vom Markt verdrängt hat.

Synchronmotoren laufen kontinuierlich entsprechend der zugeführten Frequenz. Man kann sie als Wechselstromvariante der Schrittmotoren sehen. Im Prinzip steht einem sternförmigen Rotor ein mit gleicher Polzahl ausgeführter Stator gegenüber. Wird der Stator durch die angelegte Wechselspannung magnetisch, ziehen sich die "Sternzacken" des Rotors zu den Gegenpolen.

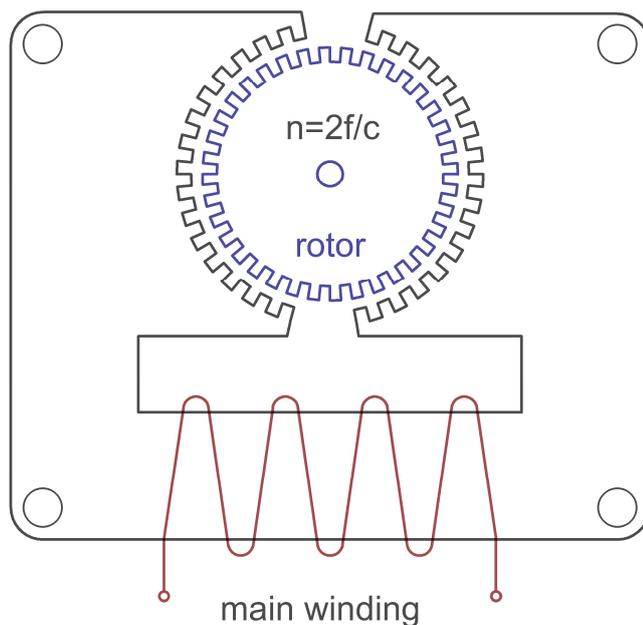
So würde der Motor noch keine Drehbewegung erzeugen, deshalb wird ein zweiter Motor gleicher Bauart im halben Winkel der Pole versetzt auf die gleiche Antriebsachse gebaut. Dieser wird über einen Phasenschieber (passender Kondensator) angesteuert und bekommt so seine Wechselspannung phasenversetzt angeliefert. Das heisst, ist während der Wechselspannung des einen Motors gerade ein Nulldurchgang, also keine Spannung und damit der Motor stromlos und somit kraftlos, kann der zweite Motor durch seine phasenversetzte Ansteuerung und seine Montage einen halben Pol versetzt, den Rotor einen halben Schritt weiter ziehen. Im nächsten Moment wird der zweite Motor dann stromlos und der erste kann den Rotor wieder einen halben Schritt weiter bewegen.

Man kann also sagen, der Motor dreht sich mit der Drehzahl Netzfrequenz geteilt durch Polzahl. Bringt mal genug Pole ein, dreht er sich mit z.B. nur 100 U/min. Diese Motoren können also langsam laufen und da sie synchron der Netzfrequenz arbeiten, haben sie keine Drehzahlabweichungen. Die Steuerspannung muss nur stark genug sein, damit der Motor sich auch unter Last weiterbewegt. Wird der Motor stark genug abgebremst, bleibt er schlagartig stehen.

Durch diesen Effekt gibt es manchmal Probleme beim Ansteuern schwerer Plattenteller, da er unter der Beharrung der grossen Masse erst einmal nicht losdreht. Oft wird deshalb eine Viskose oder Magnetkupplung eingebaut, die erst "Tritt" fasst, wenn der Teller die entsprechende Motordrehzahl erreicht hat.

Manchmal wird auch der Betreiber des Plattenspielers aufgefordert, dem Teller freundlicherweise einen "Schubs" zu geben.

Andererseits sind diese Motoren aber auch nicht frei von Vibrationen. Durch den schrittartigen Vortrieb leiden sie vor allem unter der Erscheinung "cogging", worunter man eine nicht gleichförmige Rundbewegung der Motorachse versteht.



Synchronous Motor

Die Rundbewegung wird zusammengesetzt von vielen Beschleunigungs- und Abbremsvorgängen, sie werden ein wenig durch den Antriebsriemen gedämpft, aber man kann sie im Klangbild noch immer wahrnehmen.

Man hat deshalb gerne den Motor selbst schwingend aufgehängt, bei jedem Beschleunigungsvorgang soll eine federnde Aufhängung dem Motor die Möglichkeit geben, zurückzufedern und so einen Ausgleich zu schaffen. So geraten mechanische Schwingungen auch nicht so leicht auf das Chassis des Plattenspielers. Solche Aufhängungen des Motors sind bei einfachen Konstruktionen gerne mal nur aus ein paar handelsüblichen Gummiringen erstellt, die der Betreiber dann regelmässig gegen neue austauschen kann, wenn sie spröde sind.

Man kann schon leicht erkennen, dass beim Riemenantrieb keine direkte Kopplung vom Motor auf den Plattenteller entsteht, dementsprechend zurückhaltend gibt sich diese Antriebsvariante auch in Sachen Dynamik.

Dem kann man hier aber gut durch schwerere Plattenteller begegnen, die bezüglich ihrer Masse in die Region der Teller der Plattenschneidemaschinen kommen.

Wie bereits oben im Abschnitt über Schneidemaschinen angeführt, sind Bremsmomenten am besten durch eine hohe Fliehkraft des Plattentellers zu begegnen. Da sich diese aber wiederum nur schwer mit Synchronmotoren ansteuern lassen, wurden speziell für einen solchen Fall Motoren entwickelt, die im Asynchron-Betrieb anlaufen, um dann in der Nähe ihrer vollen Drehzahl in den Synchron-Betrieb überzugehen (sog. Hysterese-Motoren).

Solche Motoren werden noch heute in vielen Laufwerken eingesetzt. Leider drehen diese aber auch sehr schnell, sodass hier Antriebsscheiben mit kleineren Durchmessern gebraucht werden, Das fördert wiederum den Schlupf, dem man dann mit mehreren parallelen Riemen begegnet, was wiederum die Stördämpfung verringert. Ein typischer Teufelskreis.

Sobald es entsprechende Fortschritte in der Elektronik gab, setzte man deshalb bei Riemenantrieben auch geregelte Motoren ein, bei denen die Motorregelung mit der Masse des Tellers und der Nachgiebigkeit des Antriebsriemens abgestimmt wird, um ein Aufschwingen zwischen Motor und Plattenteller aufgrund verschiedener Zeitkonstanten von Riemenspannung und Motorregelung zu vermeiden. Diese Motoren können dann so langsam laufen, dass es grosse Antriebscheiben und somit keinen Schlupf gibt. Auch kann man damit die Drehzahlen 33/45 elektronisch einstellen und braucht keine komplizierte Mechanik dafür.

Hier hat der Riemenantrieb nun sein Optimum: schwerer Teller für gute Dynamik und ein "ruckfreier" elektronisch gesteuerter, vibrationsfreier Motor (z.B. sog.

Scheibenläufer) sorgen für eine gleichförmige Drehbewegung des Tellers.

Heute sind viele Betreiber davon überzeugt, dass ein nicht nachgiebiger Antriebsriemen, wie z.B. aus Tonband-Material gefertigt, "besser" klingt ; hier bekommen wir wieder eine direktere Kopplung und daher eine möglicherweise verbesserte Dynamik.

Man muss sich an dieser Stelle noch einmal vergegenwärtigen, dass ein Abbremsen des Plattentellers bei einem Riemenantrieb so gut wie unvermeidbar ist, da die Nachgiebigkeit des Riemens und eine weiche Aufhängung des Motors nichts dagegen hält. Einzig die Fliehkraft und somit die Masse des Plattentellers begegnet den Bremsmomenten wirkungsvoll.

Versuche haben ergeben, dass die Masse eines Tellers von 20kg Eigengewicht bei einem Durchmesser von gut 30cm alle Bremsmoment bis nach ca. 50Hz hinab "ausgleicht", Voraussetzung ist natürlich, dass keine kontinuierliche Bremswirkung da ist, also die Musik in ihrem Auf und Abschwingen auch zulässt, dass sich die Drehzahl nicht dauerhaft senkt.

Der Vorgang ist vergleichbar mit dem Entladen eines Kondensators, legt man einen Widerstand an, entlädt sich der Kondensator entsprechend seiner Kapazität. Eine grosse Kapazität (entspricht einem schweren Teller) hält die Spannung länger als eine kleine.

Eine elektronische Regelung des Motors kann jedoch solche langsamen Drehzahländerungen ausregeln, ohne dass es durch einen weichen Gummiringen zu Aufschwingproblemen kommt.

Hier liegt nun eine Antriebsart vor, die störarm und dynamisch sicher arbeitet. Noch sind hier zwei Wellen in Betrieb, von denen eine sich schnell dreht, deshalb muss der Motor möglichst geräuscharm laufen und entsprechend hochwertig sein.

3. Direktantriebe

Einige Zeit rangen Direktantriebe um die Spitzenposition am Markt, man versuchte mit straffen Regelungen besonders gute Gleichlaufwerte zu erzwingen.

Der Direktantrieb ist sozusagen ins Lager des Plattentellers eingebaut und die Motorachse entspricht der Tellerachse. Dadurch entfällt ein separater Motor und ein Antriebsriemen oder ein Zwischenrad. Solche Motoren müssen bei extrem langsamen Drehzahlen - 33 oder 45 U/min - sehr gleichmässig den Teller antreiben.

Durch den innen liegenden Antrieb und die aussen liegende Hauptmasse des Tellers wird eine restliche Unruhe des Motors wirkungsvoll bedämpft.

Um nun sehr gute Messwerte des Gleichlaufes auf elektronischem Wege zu erzeugen, baute man relativ starke Synchronmotoren unter recht leichte Plattenteller. Eine straffe elektronische Regelung sollte dafür sorgen, dass während jeder Umdrehung des Plattentellers die Drehgeschwindigkeit in kleinen Winkelschritten genau überwacht wurde und der starke Motor den leichten Plattenteller durch permanentes Nachregeln zu einer gleichförmigen Bewegung "zwang".

Bremsmomente, solche aus der Abtastung der Platte und auch solche aus nicht ganz frei laufenden Lagern aus industrieller Massenproduktion, sind auf diese Weise gleich mit erledigt.

Zwischenbemerkung: man kann an dieser Stelle schön erkennen, wie es einen Übergang vom rein mechanischen Plattenspieler zu einem mehr elektronischen Gerät gab. Die recht teure Mechanik wird auf das billigste und nötigste herunter geschraubt und alle damit einhergehenden Probleme elektronisch "gelöst".

Leider erhält man auf diese Art und Weise ein nervöses und zerrissenes Klangbild, weil das Ohr doch die stetige Regularbeit wahrnimmt. Es gibt dabei einen ständigen Wechsel des Betriebszustandes, einmal treibt der Motor gegen ein Hemmnis an, um im nächsten Moment doch wieder abzubremesen. Diese "Unruhe" ist zwar nur winzig



klein, und daher die "guten" Messwerte, aber vom Ohr doch sofort wahrnehmbar als eben Unruhe. Da die Vorgänge auch schnell erfolgen, ergibt sich die Zerrissenheit, an denen diese Konzepte letztendlich gescheitert sind.

Anders sieht es aus, wenn die Tellermasse erhöht und die Regelung nur die Drehzahlkonstanz kontrolliert. Jetzt werden Bremsmomente wieder durch die Tellermasse, durch die Fliehkraft aufgehoben, der Motor muss nur noch die Drehzahl aufrecht halten und kann so langsam geregelt werden, dass nur das, was die Masse des Tellers nicht mehr schafft, durch Nachsteuern beglichen wird.

Ein grosser Vorteil des Direktantriebes ist, dass es keine schnell laufenden Achsen mehr gibt, keine Abrollgeräusche von Gummi, und die verbleibenden Bewegungen sehr langsam erfolgen. Bei 33 U/min dreht sich ein Plattenteller etwa einmal in zwei Sekunden. Die etwaigen Lagergeräusche sind sehr niederfrequent, unterhalb des Hörbereiches. Der Plattenteller wird nur durch sanfte Magnetfelder auf Drehzahl gehalten.

Hier ist das eigentliche "Problem" des Direktantriebes: die Kraft, die der Antrieb auf den Teller ausübt, ist verschwindend gering. Ähnlich dem Gummiriemen des Riemenantriebes ist das Magnetfeld "weich", die Kraftkopplung ist gering.

Schon deshalb ist der schwere Teller nötig, siehe Bremsmomente. Der Antriebsmotor muss im Anlauf trotzdem sehr stark sein, um angesichts der aussen liegenden Tellermasse nicht zu lange zum Hochlaufen zu brauchen. Im Betrieb muss der Motor für den Erhalt der Drehzahl so gut wie nichts leisten und trotzdem steuerbar bleiben. Das ist bei kräftigen Motoren nicht immer der Fall.

Ansonsten ist das hauptsächlich eine Forderung an die elektronische Regelung, die hierfür sehr genau abgestimmt sein muss.

4. Fazit

Alle Antriebskonzepte können, wenn sie entsprechend gebaut sind, zu hochwertiger Musikwiedergabe führen.

Der Reibradantrieb wird auch bei schwingungsfreien Motoren und elektronisch schaltbarer Drehzahl (33/45) ein wenig unter höheren Lager- und möglichen Abrollgeräuschen des Zwischenrades leiden. Mit entsprechender Sorgfalt ist das aber auch in den Griff zu bekommen.

Der Riemenantrieb braucht genau wie der Direktantrieb hohe Tellermassen, um die relativ geringe Kopplung zum Motor auszugleichen. Die schnell laufende Antriebsscheibe und der Riemen können hier noch für Unruhe sorgen.

Der Direktantrieb kann am störärmsten arbeiten, da alle Bewegungs- und Regelvorgänge sehr langsam vor sich gehen können.

Hier ist das Eingangs-Postulat eines "antriebslosen" Plattentellers am ehesten erreichbar.