

# Asymmetrik - Schwung - Maschine

Wesentliche Erweiterung der Würth - Schwungscheiben - Technik  
von Prof. Alfred Evert

## 1. Basis, Zielsetzung und Ansatz

Basis dieser Arbeit ist die Ausarbeitung 'Würth-Schwungscheiben-Maschine' vom 07.05.1998, welche auf einem Treffen bei Felix Würth in Hessdorf am 16.05.1998 vorgestellt und diskutiert wurde. Danach wurden vielfältige Informationen zwischen Würth und Evert durch Dutzende von eMails ausgetauscht.

Eine weitere Basis dieser Arbeit ist eine Ausarbeitung zur Problematik der 'David-Schleuder', welche aufgrund einer Anregung von Dr. Habel erstellt wurde. Diese Schleudertechnik wurde von Felix Würth schon mehrmals in seinen Schriften angeführt, u.a. im Zusammenhang mit dem Hammer-, Diskus- bzw. Speerwerfen. Würth hat diese Technik auch in diversen Versuchen geprobt.

Zielsetzung dieser Arbeit ist, das bislang praktizierte Beschleunigen und Abbremsen der gesamten Schwungscheibenmaschine durch einen kontinuierlichen Prozess zu ersetzen. Dazu werden entsprechende, neue Patente angemeldet.

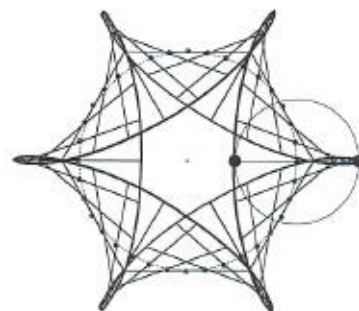
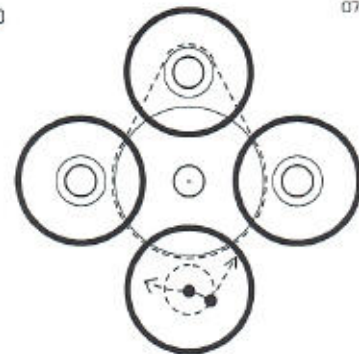
Genereller Ansatzpunkt dieser Arbeit ist die Erkenntnis, dass die Symmetrie der Bewegungsabläufe überwunden werden muss, also asymmetrische Bahnverläufe bzw. exzentrische Momente erreicht werden müssen.

## 2. Ausgangssituation

In Bild 20 oben genannter Ausarbeitung wurde eine Maschine dargestellt, bei welcher der Rotor drei Umdrehungen ausführt während einer Umdrehung des Rotorträgers. Beide Bewegungen sind gegenläufig. Die Massepunkte wurden dabei als am Rand des Rotors liegend betrachtet.

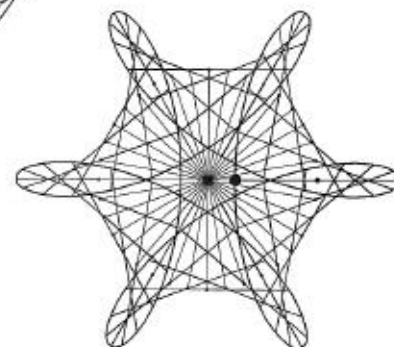
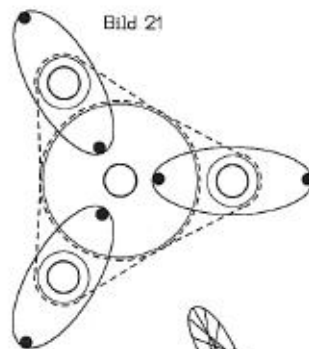
In Bild 21 hier ist ausschnittsweise eine Maschine gleicher Übersetzung dargestellt. Auf dem Rotor-träger (hier nicht eingezeichnet) sind drei Rotoren installiert. Die Rotoren sind hier als Ellipsen gezeichnet. Die Rotoren weisen Rotorwellen auf mit dreifach geringerem Durchmesser als die Gehäusewelle. Um diese Wellen laufen Keilriemen um (gestrichelte Linien), wodurch diese Übersetzung drei zu eins erreicht wird.

Bild 20

EVMJ20  
07.05.98

Asymmetrik Schwung Maschine  
Prof. Alfred Evert

Bild 21

EVMJ21  
25.05.98

Auf jedem Rotor sind zwei Massepunkte durch dicke Punkte gekennzeichnet. Gegenüber obigem Bild 20 sind diese Massepunkte an relativ großen Radien angeordnet. Dadurch ergeben sich außen größere Schleifen im Bahnverlauf und die Bahnen sind insgesamt runder. In Bild 21 unten sind die Bahnverläufe zweier Massepunkte dargestellt, dazu auch die Durchmesser des Rotorträgers wie des Rotors in den verschiedenen Positionen ihrer Drehbewegungen.

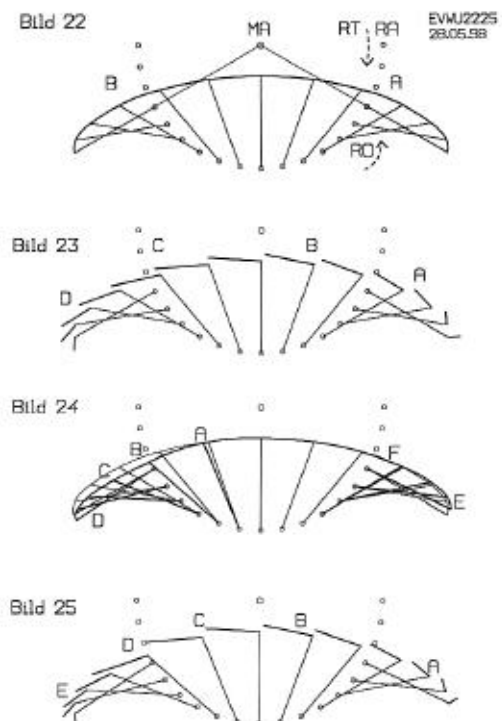
In Bild 22 soll sich der Rotorträger (RT, hier nicht eingezeichnet) im Uhrzeigersinn drehen, damit auch die Rotorachse (RA). Der Rotor (RO, hier nicht eingezeichnet) dreht sich gegensinnig und dreifach schneller. Ein Radius des Rotors führt damit eine Drehung um 360 Grad aus, während der Rotorträger um 120 Grad dreht. Ein Massepunkt beschreibt dabei die hier dargestellte Bahn.

In Bild 22 wird dabei der Massepunkt im Bereich von A beschleunigt und im Bereich von B verzögert.

In Bild 23 sind entsprechende Trägheitsmomente jeweils mit Richtung und Betrag (als Länge der Linie) eingezeichnet. Diese sind nicht symmetrisch an den vergleichbaren Positionen, weil sie jeweils aus dem vorangehenden Bahnabschnitt resultieren.

Im Bereich A weisen die Trägheitsmomente kaum in Richtung der nächsten Position, es ist insofern keine Unterstützung der dort erforderlichen Beschleunigung durch Trägheit gegeben. Erst im Bereich B weisen die Trägheitsmomente nahe zur nächsten Position und auch zunehmend in Richtung der nächsten Position der Rotorachse. Im Bereich C dagegen weisen die Trägheitsmomente über die jeweils nächste Position des Massepunktes hinaus, haben damit beschleunigende Wirkung (in dieser Phase der generellen Abbremsung). Zudem weisen die Trägheitsmomente in Richtung der nächsten Position der Rotorachse, erzeugen damit ein positives Drehmoment hinsichtlich des Rotorträgers. Bis zum Bereich D ist das gegeben, dort gehen die Trägheitsmomente über in radiale Richtung zur Rotorachse wie zur Mittelachse und werden durch die Lager des Rotorträgers bzw. Gehäuses abgefangen.

Wie in obiger Ausarbeitung dargelegt weisen damit die Trägheitsmomente dieser rückläufigen Rotordrehung (im Sinne der Corioliskraft) in Summe ein positives Moment auf das Gesamtsystem aus. Würth konnte diesen Effekt in diversen Versuchen klar nachweisen.



### 3. Asymmetrische Bahnverläufe und ungleichförmige Drehbewegungen

Die Nutzung dieser Effekte kann nur verbessert werden, wenn die prinzipielle Symmetrie der Bahnverläufe gebrochen wird. Die in positivem Sinne wirkenden Trägheitskomponenten müssen verstärkt werden. Wenn das Gesamtsystem weiterhin mit konstanter Drehzahl gefahren werden soll, müssen dazu die Rotoren mit ungleichförmiger Drehzahl drehen.

Das generelle Beschleunigen und Abstoppen des Systems kann damit ersetzt werden durch ein partielles Abbremsen und Beschleunigen der Rotoren. Wenn diese Maßnahme gezielt eingesetzt werden soll, so können allerdings keine runden Scheiben als Rotoren eingesetzt werden, sondern müssen die Masseschwerpunkte ungleichförmig auf dem Rotor angeordnet sein. Darum wurden bereits in Bild 21 die Rotoren mit länglicher Form dargestellt und wird im folgenden von lediglich zwei Masseschwerpunkten je Rotor ausgegangen.

In Bild 24 ist der symmetrische Bahnverlauf analog Bild 22 nur mehr als dünne Linie gezeichnet. Dick gezeichnet ist dagegen die Kurve eines gewünschten Bahnverlaufes. Im Bereich A beginnt die Bremsphase dieses Massepunktes auf seiner Bahn. Ab dort wirken die Trägheitsmomente positiv im Sinne einer Beschleunigung des Rotorträgers. Wenn nun der zugehörige Rotor-Radius dort gegenüber der durchschnittlichen Drehbewegung vorseilt, wird diese Bahn rascher nach außen geführt. Diese Voreilung ist im Bereich B und C nochmals forciert. Der Scheitelpunkt der äußeren Schleife dieser Bahn bei D wird damit nach hinten (relativ zum Rotorträger) verlagert. Schon im Bereich D und im Bereich von E kann dann diese Voreilung wieder aufgezehrt werden. Im Bereich F kehrt die neue Bahn wieder auf die obige zurück, also zur normalen Drehgeschwindigkeit hinsichtlich des Rotorträgers wie des Rotors.

In Bild 25 sind nun wiederum die Trägheitsmomente nach Richtung und Betrag dieser neuen, asymmetrischen Bahn eingezeichnet. Im Bereich A weisen nun die Trägheitsmomente näher zur nächsten Position. Der Schleifenscheitel liegt weiter hinten und die Schleife ist auch spitzer als oben. Die Beschleunigung setzt früher ein. Der Bahnverlauf ist dort flacher. Die Trägheit hemmt dort weit weniger die Beschleunigung als in Bild 23 des normalen Bahnverlaufes.

Im Bereich B sind hier die Bahnen identisch, also gleichbedeutend. Das Aufzehren dieser Voreilung könnte an sich bis in den Bereich B hinein erstrecken, der hier dargestellte Bahnverlauf ist also gewiss noch zu optimieren.

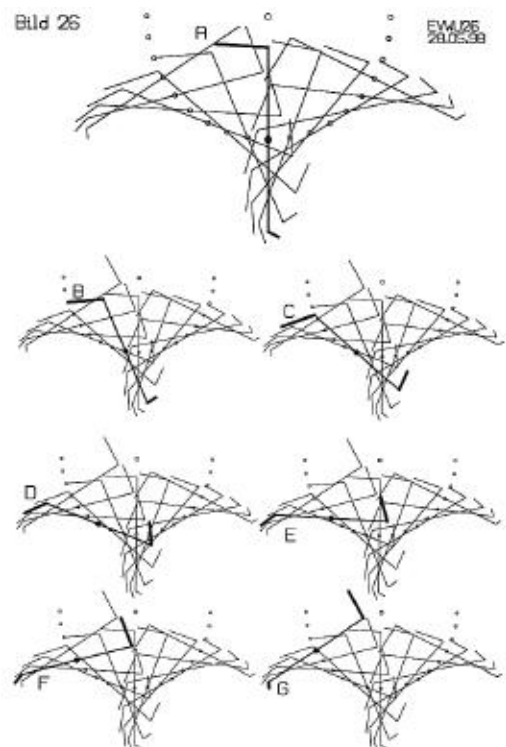
Die entscheidende Phase ist jedoch ab Bereich C gegeben. Bereits bei C wird die Rotorachse hier durch die Trägheit des Massepunktes wieder nach aufwärts-vorwärts gezogen. Besonders groß ist der Effekt im Bereich von D. Der Massepunkt wird dort bis zu seiner nächsten Position durch seine Trägheit getragen und zusätzlich wird die Rotorachse damit in Richtung ihrer nächsten Position befördert. Selbst im Bereich von E ist dieser beschleunigende Effekt hinsichtlich der Rotordrehung wie der Rotorträgerdrehung gegeben.

Die asymmetrische Bahn weist also keinesfalls große Abweichungen gegenüber der obigen symmetrischen auf. Dennoch zeigt damit die Trägheit an vergleichbaren Positionen gravierend unterschiedliche Richtungen und Beträge auf.

In Bild 26 wurde nun der Bahnverlauf eines am Rotor gegenüberliegenden Massepunktes zusätzlich eingezeichnet. Beide Bahnverläufe sind hier um 60 Grad versetzt. Bei A ist eine Position der Rotorachse hervorgehoben und ebenso der Durchmesser zwischen diesen beiden Massepunkten dick gezeichnet. Noch dicker sind deren Trägheitsmomente dargestellt.

Bei A beginnt die Verzögerung des inneren Massepunktes auf seinem Bahnverlauf über Grund. Er bewegt sich seiner Trägheit entsprechend zu seiner nächsten Position. Der gegenüberliegende, äußere Massepunkt ist im Bereich des Schleifenscheitels. Er bewegt sich nur geringfügig über Grund. Er stellt praktisch einen relativ ruhenden Punkt im Raume dar, um den sowohl die Rotorachse sich dreht als auch der obere Massepunkt. Entweder beschleunigt damit die Rotorachse den oberen Massepunkt oder umgekehrt.

In Bild 26 sind von B bis G die jeweils anderen Positionen dieses Durchmessers zwischen den beiden Massepunkten hervorgehoben, die Position der Rotorachse sowie Richtung und Länge der Trägheitsmomente. Es ist klar ersichtlich, dass damit die Resultierende aus beiden Trägheiten stets positiv im Sinne der Rotordrehung wie



der Rotorträgerdrehung wirken. Diese Darstellung vergrößert zwar die realen Bedingungen durch die Reduzierung auf diese sechs unterschiedlichen Positionen. Es werden damit jedoch alle prinzipiellen Bewegungs- und Trägheitsrichtungen dargestellt.

In obiger Ausarbeitung wurde anhand des Bildes 6 dargelegt, warum es zu einer Rückdrehung des Rotors automatisch kommen muss. Aus dieser Rückdrehung resultiert die 'Coriolis-Kraft' der innen durchlaufenden Massepunkte mit ihrem 'freien Fall' in Richtung zum Rand des Systems. Durch die festgelegte Übersetzung per Getriebe (dort anhand eines Keilriemengetriebes erläutert), wird dieser Bewegungsablauf nicht der eigenständigen Entwicklung überlassen, sondern gezielt so eingerichtet.

Der auslösende Effekt der Coriolisdrehung war das Blockiert-Sein des äußeren Massepunktes und im Gegensatz dazu das Freie-Fallen-Können des inneren Massepunktes. Der oben als 'Voreilung' bezeichnete Vorgang stellt praktisch eine Forcierung dieser Blockierung des äußeren Massepunktes dar, sichtbar z.B. an der Rückverlagerung der äußeren Bahnschleife. Zugleich wird damit der freie Fall des inneren Massepunktes insofern genutzt, als seine Bahn stärker gekrümmt wird, d.h. die Trägheitsmomente damit wesentlich weiter vorwärts weisen. Dieses geschieht in der Phase, in welcher die Rotorachse auch dieser Richtung folgen kann.

Mit dieser asymmetrischen Bahn und der ungleichförmigen Rotordrehung werden also die gegebenen Wirkungen der Corioliskraft ganz gezielt verstärkt durch eine entsprechende Koordination aller Bewegungsabläufe.

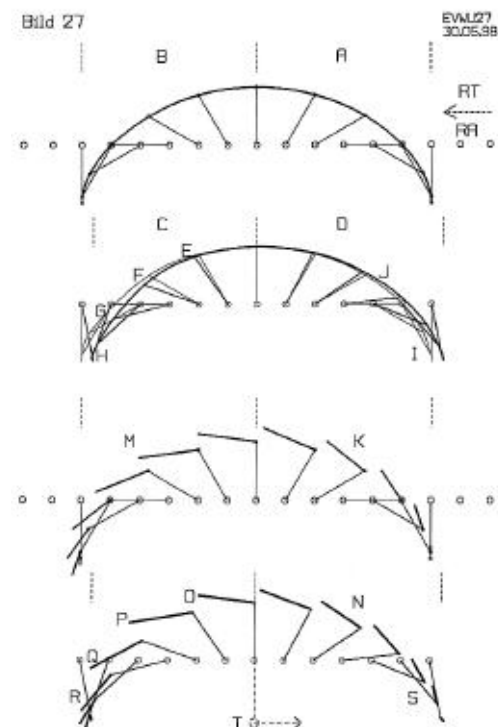
#### 4. Beispiel Radlauf auf linearer Bahn

Die Wirkung dieses Getriebes bzw. dieser Bahnverläufe soll in Bild 27 nochmals erläutert werden. Anstelle des Rotorlaufes auf einer Kreisbahn soll hier die Bewegung eines Rades auf einer linearen Unterlage betrachtet werden. Damit entfällt die Beugung der Bahnen durch die Kreisbahn und die wesentlichen Wirkelemente sind geometrisch leichter zu erfassen.

Der Rotorträger (RT, in diesem Sinne also ein Wagen) soll sich gleichförmig von rechts nach links bewegen. Damit beschreibt auch die Rotorachse (RA, in diesem Vergleich die Radnabe) eine lineare Bahn mit konstanter Geschwindigkeit. Von diesem Rad ist eine Speiche eingezeichnet, in dreizehn Positionen, also nach jeweils 30 Grad Drehung (hier gegen den Uhrzeigersinn).

Der Massepunkt außen an der Speiche beschreibt dabei den bekannten Kurvenverlauf. Er wird dabei in der generellen Bewegungsrichtung beschleunigt im Bereich A bzw. wieder abgebremst im Bereich B. Der Bahnverlauf ist symmetrisch, beide Bahnabschnitte A und B sind damit gleich lang.

Bei K und M sind anstelle des Bahnverlaufes die Trägheitsmomente dick eingezeichnet. In der Beschleunigungsphase K reicht die Trägheit nicht zu einer Bewegung bis zur jeweils nächsten Position, es muss als Energie investiert werden. In der Bremsphase M reicht die Trägheit jeweils weiter nach vorn als zur nächsten Position. Es ist damit ein Moment in der generellen Bewegungsrichtung gegeben. Diese Kräfte gleichen sich damit aus, das Rad läuft rund.



Dieser Massepunkt erfährt aber auch Beschleunigung in vertikaler Richtung, also auf- bzw. abwärts. In der Beschleunigungsphase K weist die Trägheit aufwärts, in der Bremsphase abwärts. Die Abwärtsbewegung ist gegen den festen Boden gerichtet, welcher eine entsprechende Gegenkraft ausübt.

Wenn das Rad keine große Last trägt (der 'Wagen' also als sehr leicht oder nicht existent gedacht wird), steht der Aufwärts-Trägheit keine (bzw. nur geringe) Kraft entgegen. Daraus resultiert die Erscheinung, dass ein Rad 'levitierende' Kraftkomponenten aufweist, z.B. werden u.a. darum Spoiler eingesetzt, um die leichten Rennwagen bei hoher Geschwindigkeit (sprich Drehzahl der relativ schweren Räder) auf den Boden zu drücken.

Bei der hier diskutierten Maschine mit rückläufiger Drehung des Rotors sind prinzipiell die gleichen Kraftkomponenten gegeben. Diese Abwärts-Trägheit wird hier letztlich durch das Rotor- bzw. Rotor-trägerlager in radialer Richtung abgefangen. Wie schon aus den Trägheitsmomenten im Bereich M ersichtlich, verbleibt dabei auch eine im Sinne des Vortriebs wirkende Teilkomponente (solange die Trägheit weiter als bis zur nächsten Position nach vorn reicht).

Analoges gilt natürlich für die Beschleunigungsphase hinsichtlich dieser Horizontal- bzw. Vertikal-komponente. Bei den prinzipiell gekrümmten Bahnen dieser Maschine werden diese Vertikalen durch die radiale Richtung ersetzt, die Horizontale durch den Kreisbogen. Eine Aufwärtsträgheit weist damit zugleich auch immer auf weiter vorliche Bahnabschnitte. Der 'freie Fall' in Richtung Mittelachse ist darum positiv im Sinne der generellen Bewegungsrichtung, mit eine Ursache für das rückdrehende Element der Corioliskräfte.

In diesem Rad-Beispiel soll nun aber wieder unterstellt werden, daß dieses Rad nicht am Boden abrollt, sondern lediglich seine Radnabe eine gleichförmige Geschwindigkeit aufweist. Die Drehgeschwindigkeit des Rades soll also variabel sein. Hier wird auch weiterhin unterstellt, dass dieses Rad nur einen Masseschwerpunkt aufweist.

## 5. Wirkung der asymmetrischen Bahn

Als wesentlicher Lösungsansatz wurde hier definiert, die Symmetrie der Bahnverläufe brechen zu sollen. In Bild 27 ist dieses in der zweiten Zeile ausgeführt. Wenn der Bahnverlauf asymmetrisch angelegt wird, dann ergeben sich für die Bremsphase C und die Beschleunigungsphase andere Distanzen in der generellen Bewegungsrichtung. Die Bremsphase C ist wesentlich kürzer als die Beschleunigungsphase D.

Prinzipiell ergibt sich dann, dass die Kurve der Beschleunigung flacher ist, während die Kurve des Bremsens stärker gekrümmt ist gegenüber der symmetrischen Bahn, welche hier zum Vergleich dünn eingezeichnet ist.

Die stärker einrollende Bahn der Bremsphase wird erreicht, indem ab der Mittelstellung im Bereich E obige 'Voreilung' statt findet. Diese Voreilung ist eine Beschleunigung der Drehbewegung des Rotors und damit zugleich eine Verzögerung hinsichtlich der Geschwindigkeit des Massepunktes in der generellen Bewegungsrichtung.

In diesem Beispiel ist die Voreilung im Bereich F und G nochmals verstärkt eingesetzt. Der Scheitelpunkt einer äußeren Schleife bzw. der äußerste Bahnabschnitt eines Massepunktes wird damit gegenüber der symmetrischen Bahn nach hinten verlagert. Um die entsprechende Distanz verlängert sich der Beschleunigungsbereich ab I. Die Voreilung wird in diesem Beispiel ab H in den Bereichen von I und J wieder zurück genommen.

In Bild 27 unten sind die Trägheitsmomente dieser asymmetrischen Bahn eingetragen. Erreicht wird dieser Bahnverlauf durch die Gestaltung obigen Keilriemengetriebes (bzw. eines entsprechenden anderen Getriebes gleicher Funktionalität). Die Voreilung der Rotordrehung bzw. die Verzögerung in der generellen Bewegungsrichtung wird ausgelöst durch eine Kraftwirkung am Keilriemen. Dieser

setzt beispielsweise am Hebel T an mit einer im Sinne der generellen Bewegungsrichtung rückwärts gerichteten Kraft.

Diese Kraft darf erst ab diesem inneren Scheitelpunkt der Bahn angesetzt werden. Denn erst ab hier hat der Massepunkt Gelegenheit zum 'freien Fall' in Richtung O. Dieser Hebelpunkt T wird damit praktisch zum Dreh- bzw. Kipppunkt des Rades. Die Trägheit beschleunigt damit die Bewegung in die generelle Bewegungsrichtung der Rotorachse.

Bei weiterer Voreilung wandert dieser Hebelpunkt in genereller Bewegungsrichtung mit, jedoch langsamer als die Rotorachse. Das Fallen des Massepunktes nach außen wird damit beschleunigt. Der Massepunkt ist schneller als die Rotorachse. Seine vorwärts gerichtete Trägheitskomponente reißt die Rotorachse vorwärts.

Auch bei obigen symmetrischen Bahn wird dieser Massepunkt in genereller Bewegungsrichtung in der Bremsphase verzögert, bis zum Stillstand oder bei Schleifenbildung sogar zu negativer Geschwindigkeit in diesem Bewegungssinne. Durch die Voreilung wird dieses ohnehin erfolgende Verzögern zeitlich vorgezogen. Dadurch klaffen die Richtungen der Trägheit und die Richtung zur nächsten Bahnposition des Massepunktes stärker auseinander, hier besonders bei P und Q. Dort entsteht also das wesentliche Beschleunigungsmoment für das Gesamtsystem.

Danach im Bereich von R kann schon wieder diese Voreilung zurück genommen werden. Wie üblich, jedoch auf engerem Raum, laufen dort die Trägheitsmomente radial gegen die Lager. Diese rasche Umkehr der Bewegungsrichtung hat also nur geringe negative Konsequenz. Dadurch wird aber zugleich erreicht, dass die nachfolgende Beschleunigung im Bereich S sehr flach ansetzt. Im Bereich N weisen die Trägheitsmomente sehr viel schneller zur nächsten Position als vergleichsweise im Bereich K der normalen symmetrischen Bahn.

## 6. Ein- und ausrollende Bahn

Diese Beschleunigungsphase stellt eine ausrollende Bahn dar. Der Bewegungsablauf ist vergleichbar mit dem Bahnverlauf einer 'Davids-Schleuder' und es wird deren vorteilhafte Technik hier nutzbar.

Ähnlich wie die Davids-Schleuder wird das Werfen von Speeren effektiver durch den Einsatz eines Schleuderholzes. Man kann die 'Speichen' im Bereich von S und N mit diesem Schleuderholz gleich setzen und die eingezeichneten Trägheitsmomente mit dem Speer. Es ist offensichtlich, dass damit die Kraft auf lange Distanz nahezu in Zielrichtung eingesetzt wird (während bei einer kreisförmigen Beschleunigungsbahn die Tangente nur im Zeitpunkt des Abwurfs mit der Zielrichtung übereinstimmt).

Die effektivere Nutzung der Kraft beruht also nicht nur auf der Verlängerung des Hebels durch das Seil der Davids-Schleuder oder des Schleuderholzes bei diesem Speerwurf, sondern im wesentlichen auf der effektiveren Ausrichtung der Trägheitsrichtung und damit zugleich der Richtung des Kräfteinsatzes.

Wenn die generelle Bewegung nicht linear (wie hier dargestellt) sondern eine Kreisbahn ist, so sind diese Trägheitsmomente praktisch entlang einer Sehne dieses Kreises gerichtet. Der Massepunkt kann damit auf dieser relativ kurzen Bahn durch die Maschine 'fallen' im Sinne der Corioliskraft.

Andrerseits kann diese Bewegungsform durchaus verglichen werden mit der 'effektivsten' Form des Walzer-Tanzens. Auch dort hält ein Partner in der Drehbewegung inne und 'schleudert' zugleich den andern Partner durch den Saal. In Bild 27 ist allerdings nur die Bahn eines Massepunktes dargestellt.

Diese Situation ist darum besser vergleichbar mit der Verzögerung und Beschleunigung, welche ein Diskuswerfer nutzt. Ähnlich ist auch die Technik des Hammerwerfens. In allen Fällen wird vor dem Abwurf das Gerät auf einer ausrollenden Bahn geführt.

Nur lässt man hier das Gerät nicht fliegen, sondern fängt die kinetische Energie wieder ein. Das aber erfolgt hier auf einer einrollenden Bahn, womit umgekehrt die Trägheitswirkung im Sinne der generell gewünschten Bewegungsrichtung genutzt wird. Jeder Hammerwerfer lässt wohlweislich den Hammer fliegen - weil er sonst selbst ein ganzes Stück weit fliegen würde.

Diese Beispiele zeigt, dass obige Maschine durchaus auch nur mit einem Massepunkt je Rotor zu betreiben ist. Der Bahnverlauf kann hierbei sogar besser optimiert werden, weil die Voreilung bzw. deren Abbau dann nicht zugleich die Bewegung des gegenüber befindlichen Massepunktes bestimmt.

## 7. Wesentlicher Effekt

Der prinzipielle und entscheidende Effekt dieser ein- und ausrollenden Bahnverläufe ist folgender: Eine Beschleunigung der Rotordrehung ist zugleich eine Verzögerung im Drehsinn des Rotorträgers. Umgekehrt ist die Verzögerung der Rotordrehung zugleich eine Beschleunigung im Drehsinn des Gesamtsystems.

Der Kräfteinsatz für eine Änderung der Drehgeschwindigkeit des Rotors bedeutet damit keinen Verlust kinetischer Energie, weil diese Änderung zugleich eine entsprechende Änderung der Bewegungsenergie des Rotorträgers bedeutet. Insofern ist der Kraftaufwand neutral hinsichtlich des Gesamtsystems.

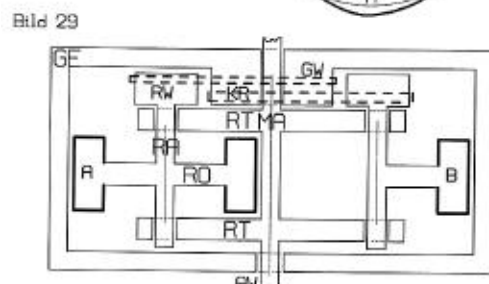
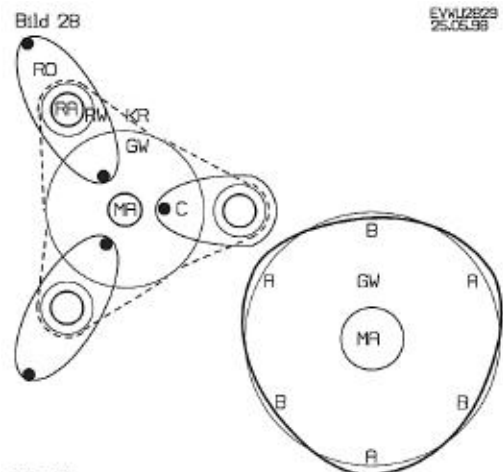
Durch diese Variation der Drehzahl des Rotors wird jedoch die Wirkung der Trägheitsmomente ganz wesentlich beeinflusst. Durch die oben skizzierten prinzipiellen Bahnverläufe wird die Richtung der Trägheitsmomente so organisiert, dass sie mehrheitlich einen positiven Beitrag im Sinne der generellen Drehrichtung des Systems ergeben.

## 8. Getriebe mit ungleichförmiger Gehäusewelle

In Bild 28 ist schematisch dargestellt, wie diese Bewegung der Voreilung bzw. deren Aufzehrung realisiert werden kann. Diese Darstellung greift zurück auf das Beispiel in Bild 21. Wenn eine ungleichförmige Drehbewegung des Rotors mittels dieses Keilriemengetriebes erreicht werden soll, so sind anstelle der kreisförmigen Gehäusewelle (GW) bzw. Rotorwelle (RW) andere Formgebung einer oder beider dieser Wellen erforderlich. Nachfolgend wird dargestellt, wie durch andersartige Gestaltung der Gehäusewelle diese Bewegung erreicht werden kann.

In Bild 28 rechts ist ein Querschnitt der Gehäusewelle in vergrößertem Maßstab dargestellt. Die dünne Linie ist ein Kreisbogen. Die dicke Linie stellt die Kontur der Auflage des Keilriemens dar. Während der Drehung des Rotorträgers wird der Keilriemen einerseits durch Abwicklung an dieser Gehäusewelle in Richtung Rotorwelle abgegeben. Auf der gegenüberliegenden Seite wird der Keilriemen durch Aufrollen an der Gehäusewelle aus Richtung Rotorwelle wieder zurück geholt.

Beim Anfahren des Systems ist auf dieser Seite der Keilriemen auf Zug belastet und bewirkt damit die gegenläufige Drehung des Rotors. Auch wenn eine schnellere Drehung des Rotors erreicht werden soll, ist diese Zugbelastung gegeben.



Wenn nun bei A der Durchmesser der Gehäusewelle größer ist, wird das Übersetzungsverhältnis geändert. Das Aufwickeln erfordert dort aufgrund dieser Noppe eine längere Strecke des Keilriemens, der damit auf Zug belastet wird und den Rotor damit schneller drehen lässt. Umgekehrt muss natürlich zum Ausgleich in B eine längere Strecke Keilriemen frei gegeben werden, was dort durch eine entsprechende Einbuchtung erreicht wird.

Die Welle muss also einerseits Erhöhungen aufweisen und andererseits gegenüberliegend Vertiefungen. Bei der hier dargestellten Form würde ein Rotor also drei mal je Umdrehung des Rotorträgers beschleunigt. Dieses ist z.B. erforderlich, wenn der Rotor nur einen Massepunkt aufweist (wie am Beispiel des Rades oben diskutiert) und drei mal schneller gegenläufig zum Rotorträger dreht. Ein solcher einseitiger Rotor ist in Bild 28 bei C dargestellt.

Wenn jedoch ein Rotor mit zwei Massepunkten installiert werden soll, dann müsste bei der hier dargestellten Form der Gehäusewelle mit drei Noppen dieser Rotor 240 Grad gegenläufig drehen bei 360 Grad Drehung des Rotorträgers. Wenn wie oben diskutiert der Rotor eine volle Umdrehung je 120 Grad Drehung des Rotorträgers ausführen soll, müsste die Gehäusewelle mit sechs Noppen bzw. Vertiefungen angelegt werden. Andere Drehzahlverhältnisse könnten analog dazu abgebildet werden.

In Bild 29 ist schematisch der Längsschnitt durch diese Maschine dargestellt, basierend auf Bild 14 der oben genannten Ausarbeitung. Oben ist das Keilriemengetriebe in seinem prinzipiellen Aufbau dargestellt, allerdings nicht maßstäblich. Mittig ist ein zweiseitiger Rotor A eingezeichnet, andererseits auch ein einseitiger Rotor B. Diese Abbildung ist also nur schematisch zu sehen.

Wie oben bereits angeführt könnte dieses Getriebe anstelle der Keilriemen auch anders konstruiert sein, beispielweise indem Zahnräder nicht kreisrund sondern analog obiger Formgebung eingesetzt werden, praktisch unterschiedliche Übersetzungsverhältnisse durch unterschiedliche Radien während des Umlaufs realisiert werden.

## 9. Energieabnahme

Damit die oben besprochenen Bewegungsabläufe zustande kommen, muss an der Mittelachse stets ein Drehmoment anliegen. Dieser Antrieb ist erforderlich zur Überwindung der Reibung. Das System nutzt die Trägheitsmomente und ist in diesem Sinne selbstbeschleunigend. Insofern kann an der Abtriebswelle (AW), welche starr verbunden sein kann mit der Mittelachse, eine höhere Leistung abgegriffen werden als zur Überwindung der Reibung erforderlich ist. Aus diesem Energieüberschuss kann die erforderliche Antriebskraft gespeist werden.

Der durch den Keilriemen ausgeübte Zug während der Beschleunigung der Rotordrehung wirkt auf das Gehäuse. Die Kraft wird damit nicht unmittelbar genutzt. Diese Beschleunigung der Rotordrehung ist zugleich eine Verzögerung im Drehsinne des Rotorträgers. Diese Verzögerungskraft wirkt an der Außenkante der Rotorwelle.

Anstatt von dort aus eine Zugbelastung auf das Gehäuse auszuüben, könnten dort auch Magnete auf dem Rotor und entsprechende Wicklungen am Gehäuse angebracht sein, um die Verzögerung durch das Betreiben dieser Generator-Einrichtung zu erreichen. Das oben beschriebene Getriebe wäre insofern lastfrei und nur zur Koordination der Bewegungsabläufe erforderlich.

Dennoch erscheint es nicht logisch, dass an der Welle Energie zu investieren ist und an der gleichen Welle eine höhere Energie zu entnehmen sein soll. Die prinzipiell richtige Lösung muss anders sein.

## 10. Getriebe mit ungleichförmiger Rotorwelle

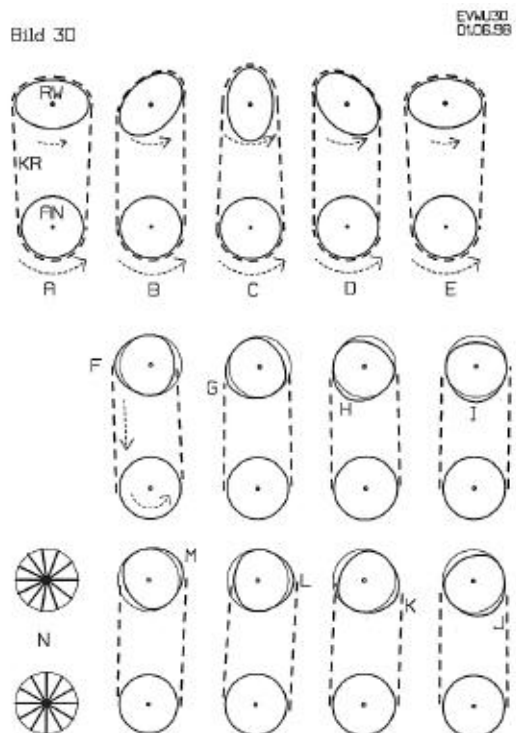
Wie oben schon angesprochen, könnte anstelle der Gehäusewelle auch die Rotorwelle ungleichförmig gestaltet sein, um die ungleichförmige Drehbewegung des Rotors zu erzeugen.

In Bild 30 ist diese Konzeption dargestellt. Anstelle der Gehäusewelle wird hier eine Antriebswelle (AN) kreisrunder Form eingesetzt. Diese steht in Eingriff mit einem Keilriemen (KR). Um die Mittelachse der Antriebswelle drehbar gelagert ist ein Rotorträger (hier nicht eingezeichnet). Auf diesem Rotorträger sind drehbar gelagert die Rotoren (welche hier ebenfalls nicht dargestellt sind). Fest verbunden mit dem Rotor ist die Rotorwelle (RW). Diese steht in Eingriff mit obigem Keilriemen. Die Formgebung dieser Rotorwelle ist nicht kreisförmig, sondern hier näherungsweise elliptischen Querschnitts dargestellt.

Die Antriebswelle (AN) soll gleichförmig drehen, hier im Uhrzeigersinn, durch die Pfeile unterhalb der Antriebswelle dargestellt. Der Keilriemen wird damit je Zeiteinheit gleich große Strecken aufgewickelt bzw. abgewickelt. Bei der Aufwicklung wird der Keilriemen auf Zug belastet, bei der Abwicklung läuft er praktisch ohne Belastung ab. In den Darstellungen weist der Keilriemen also stets auf der linken Seite einen Zug nach unten auf. Dadurch wird die Rotorwelle in Drehung versetzt.

In der Position A wird nun die von der Antriebswelle angeforderte Strecke Keilriemen an einem größeren Hebelarm der Rotorwelle abgerollt. Mit einer relativ geringen Drehung der Rotorwelle wird diese Strecke zur Verfügung gestellt. Die Rotorwelle dreht in dieser Position langsamer als die Antriebswelle, in Relation der beiden aktuellen Radien.

Im weiteren Verlauf der Drehung zur Position B wird nun der Hebelarm der Rotorwelle kleiner, d.h. das Übersetzungsverhältnis gegenüber der Antriebswelle ein anderes. Die von der Antriebswelle geforderte Strecke Keilriemen kann der Rotor nur durch eine beschleunigte Drehung zur Verfügung stellen. Bei Position C ist der wirksame Radius der Rotorwelle am kleinsten, d.h. der Rotor dreht dort am schnellsten. In den Positionen D und E sind die Verhältnisse umgekehrt, in diesen Drehphasen wird die Rotordrehung verzögert.



Man kann aus dieser Darstellung klar erkennen, dass diese Beschleunigung und Verzögerung der Rotordrehung keine Energie erfordert, sondern lediglich die Reibung zu überwinden ist.

Der eigentliche Sinn dieser variierenden Drehzahl des Rotors ist, die daraus resultierenden Trägheitsmomente im Sinne der Drehbewegung des Rotorträgers zu nutzen. Wenn bei diesen Positionen A bis E unterstellt wird, dass der Rotorträger sich in Ruhe befindet, sind die Trägheitsmomente ausgeglichen. Je nach Lage der Massepunkte würde der Rotorträger hin und her zittern.

Es soll jedoch eine Drehung des Rotorträgers erreicht werden, hier eine gegenläufige. Die Rotoren drehen hier gegen den Uhrzeigersinn, also müsste der Rotorträger im Uhrzeigersinn drehen, hier im Bild 30 oben sich nach rechts bewegen. Der Rotorträger sollte darum eine Rücklauf Sperre aufweisen, so dass er beim Anfahren des Systems nur im Uhrzeigersinn Bewegungsfreiheit hat. Alle auftretenden Trägheitsmomente gegen den Uhrzeigersinn liefern damit gegen die Rücklauf Sperre, alle im Uhrzeigersinn auftretenden Trägheitsmomente dagegen könnten zu einer Drehbewegung des Rotorträgers im Uhrzeigersinn führen.

Sobald jedoch diese Drehung eingeleitet ist, werden die Trägheitsmomente aus der Rotordrehung überlagert durch die Drehung des Rotorträgers. Damit ergeben sich obige asymmetrischen Bahnen der Massepunkte und ergibt sich der gewünschte Effekt.

Wenn man nun unterstellt, dass diese Antriebswelle still steht und der Rotorträger sich dreht, dann ist das gleichbedeutend mit der oben dargestellten Getriebeform einer im Gehäuse feststehenden Gehäusewelle und der dort dargestellten Auf- bzw. Abwicklung des Keilriemens. Wann immer dabei der lange Hebel der Rotorwelle senkrecht zum Radius weist (wie in Position A), hat die Rotordrehung ihre minimale Geschwindigkeit. Wann immer der lange Hebel zur Mittelachse weist (wie in Position C), dreht der Rotor mit maximaler Geschwindigkeit.

Durch diese Getriebeanordnung ist also kein vorbestimmtes Drehzahlverhältnis mehr erforderlich. Die Beschleunigung/Verzögerung der Rotordrehung wird stets bei einer vorbestimmten Stellung der Rotorwelle erreicht, gleichgültig ob und wie schnell der Rotorträger im Uhrzeigersinn dreht oder die Antriebswelle gegen den Uhrzeigersinn dreht. Auch der Durchmesser der Antriebswelle kann damit frei gewählt werden.

## 11. Formgebung der Rotorwelle und Anordnung der Massepunkte

In Bild 30 in der oberen Darstellungszeile weist die Rotorwelle zwei Erhöhungen und zwei Vertiefungen auf. Diese Welle ist damit geeignet für einen Rotor mit zwei Massepunkten. Die hier vereinfachend dargestellt elliptische Form der Rotorwelle kann entsprechend der gewünschten Beschleunigung bzw. Verzögerung (oben Voreilung und Aufzehrung der Voreilung genannt) gestaltet werden. Der Verlauf des Umfangs muss dabei so gestaltet werden, dass stets eine konstante Länge Weges für den Keilriemenumlauf gegeben ist.

Die prinzipielle Anordnung der Massepunkte muss dabei prinzipiell quer zur Längsachse dieser im Prinzip elliptischen Form erfolgen, wenn obiger Bahnverlauf mit der Rotorbeschleunigung ab dem innersten Bahnpunkt eines Massepunktes erreicht werden soll.

Wie oben schon angeführt ist ein größerer Gestaltungsspielraum gegeben, wenn nur ein Massepunkt je Rotor eingesetzt wird. Eine entsprechende Rotorwelle ist in Bild 30 in der zweiten und dritten Darstellungszeile aufgezeigt.

Unten ist wiederum die kreisförmige Antriebswelle dargestellt, wobei eine Drehung im Uhrzeigersinn unterstellt ist. Der Keilriemen steht damit wiederum jeweils auf der linken Seite unter Zug. Als Rotorwelle ist nun eine Kontur gewählt mit einer Erhöhung und einer Vertiefung (als dünne Linie ist im Vergleich dazu ein Kreis eingezeichnet). Bei F weist die Noppe nach links, d.h. hier ist die Rotordrehung minimal. Diese Noppe dreht im Uhrzeigersinn und ist hier nach jeweils 30 Grad Drehung in den Positionen G bis K dargestellt. Der unter Zug stehende Hebelarm links wird damit zunehmend kleiner, der Rotor wird also zunehmend schneller drehen.

Bei Position L ist insgesamt ein Drehung um 180 Grad erfolgt, d.h. der Keilriemen liegt nun links in der Vertiefung an, also am kleinsten Hebelarm, so dass der Rotor hier maximal schnell dreht. Über die Position M bis zurück zur Position F wird während der weiteren Drehung wird der Rotor wieder verzögert.

Die Formgebung dieser Rotorwelle muss nicht unbedingt symmetrisch sein. Es muss nur gewährleistet sein, dass der Keilriemen dabei relativ ruhig umlaufen kann. Ganz werden sich Schwingungen hierbei nicht vermeiden lassen. Wie hier ersichtlich wird, schwingt der Keilriemen vor und zurück. Dieses Keilriemengetriebe wird hier auch nur stellvertretend für andere Bauarten eines Getriebes dieser Funktionalität dargestellt.

Diese prinzipielle Bauform der Rotorachse mit einer Noppe und einer Vertiefung ist geeignet für Rotoren mit einem Masseschwerpunkt. Im Prinzip muss der Massepunkt wiederum so angeordnet sein, dass er in Richtung Mittelachse weist, wenn die Noppe entgegen der Drehrichtung des Rotorträgers weist (also beispielsweise in Position F der Massepunkt unten am Rotor angeordnet ist).

In Bild 30 zeigen die Positionen F bis M die Rotorwelle nach jeweils 30 Grad Drehung. Die ungleichförmige Drehung kommt damit nicht zum Ausdruck. In Bild 30, bei N sind darum nochmals die Antriebswelle und Rotorwelle dargestellt und verschieden Radien eingezeichnet. Die Radien der Antriebswelle sind gleichförmig eingesetzt, weil auch die Antriebswelle gleichförmig drehen wird. Die Radien der Rotorwelle sind ungleichförmig eingesetzt, stellen damit in schematischer Form die variierende Geschwindigkeit der Drehung des Rotors dar.

## 12. Antrieb und Abtrieb

In Bild 31 ist ausschnittsweise und schematisch eine Draufsicht dieser Maschine dargestellt. Um die Mittelachse (MA) drehbar gelagert ist der Rotorträger (RT). Auf diesem sind drehbar um die Rotorachse (RA) die Rotoren (RO) gelagert. Dargestellt sind hier ein Rotortyp mit zwei gegenüber liegenden Masseschwerpunkten A und B, sowie ein einseitiger Rotor mit nur einem Masseschwerpunkt C.

Fest verbunden mit der Rotorachse sind Rotorwellen (RW). Beim zweiseitigen Rotor wird diese Rotorwelle zwei Noppen (D und E) aufweisen, bei einem einseitigen Rotor wird die Rotorwelle nur eine Noppe (F) aufweisen. Alle Rotoren weisen in dieser Position einen Masseschwerpunkt auf seiner innersten Bahn auf, die Rotordrehung könnte also beschleunigt werden. Die Noppen weisen in diesem Beispiel hier darum quer zum Radius des Rotorträgers.

Auf der Mittelachse ist drehbar im Gehäuse gelagert die Antriebswelle (AN) mit kreisförmiger Kontur. Um die Antriebswelle und die jeweilige Rotorwelle laufen Keilriemen (KR) um. Durch Drehung der Antriebswelle gegen den Uhrzeigersinn drehen die Rotoren ebenfalls gegen den Uhrzeigersinn. Eine gegenläufige Drehung des Rotorträgers wird sich aufgrund der Trägheitsmomente einstellen.

In Bild 32 ist ein Längsschnitt durch diese Maschinen in schematischer Weise dargestellt, analog zur Darstellung in Bild 29, nun allerdings mit anderem An- und Abtrieb.

Durch Drehung der Antriebswelle (AW) werden über Keilriemen (KR) nur die Rotoren (RO) über deren (ungleichförmigen) Rotorwellen (RW) in Drehung versetzt. Die Achse der Rotorträger (RT) ist im Gehäuse (GE) gelagert und hier beispielsweise auch in der Antriebswelle, ist jedoch nicht fest mit dieser verbunden. Auch hier wieder sind die beiden Typen von Rotoren mit zwei Masseschwerpunkten (A und B) bzw. nur einem Masseschwerpunkt (C) schematisch dargestellt.

Die durch die Rotordrehung bewirkte Drehung des Rotorträgers wird an dessen Achse als Abtrieb (AB) abgenommen. Gegenüber obigem An- und Abtrieb über die gleiche Welle findet hier also der An- und Abtrieb auf getrennten Wellen statt, beide Funktionen klar getrennt.

In Bild 33 ist dennoch eine Maschine dargestellt mit nur einer nach außen geführten Welle. Der Antrieb bezieht sich nur auf die Rotoren, der Abtrieb nur auf den Rotorträger. Aus der Überschussenergie könnte direkt die Energie abgeleitet werden, welche für die Überwindung der Reibung der Lager und Getriebe erforderlich ist.

Bild 31

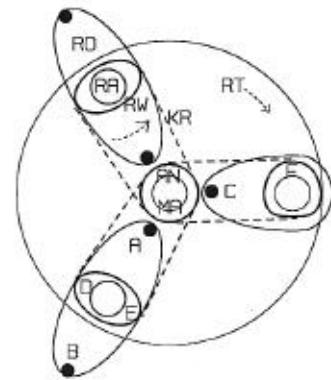
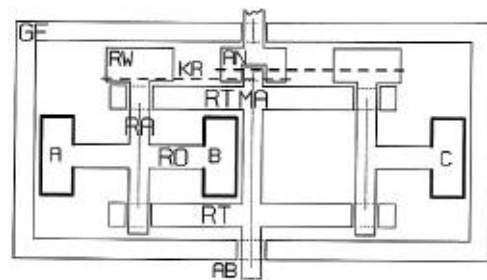
EWL3132  
01.06.98

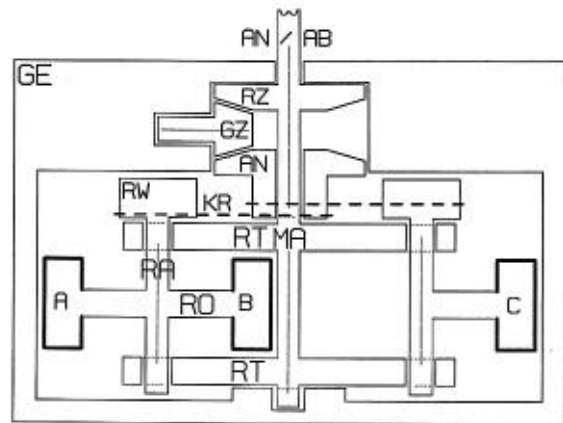
Bild 32



In Bild 33 läuft die An- / Abtriebwelle durch das gesamte Gehäuse. Sie ist fest verbunden mit dem Rotorträger. Oben an dieser Rotorträgerwelle in ein Zahnrad (RZ) fest verbunden. Auf dieser Rotorträgerwelle ist die Antriebswelle (AW) drehbar gelagert.

Am Zahnrad wie an der Antriebswelle sind seitlich Zahnkränze angebracht. Dazwischen befindet sich ein im Gehäuse gelagertes Zahnrad (GZ). Alle drei stehen in Eingriff. Durch die Drehung des Rotorträgers ist damit eine gegenläufige Drehung der Antriebswelle gegeben. Die Übersetzung kann dabei frei gewählt werden.

Bild 33

EVWU33  
01.06.99

### 13. Essentielle Gesichtspunkte

Bei der originalen Würth-Schwungscheiben-Maschine wurden die Rotorträger angetrieben in der Erwartung, dass damit automatisch eine Drehung auch der Rotoren entstehen wird. Alle Versuche ergaben, dass sich eine solche Schwungmaschine mit frei drehenden Rotoren mit relativ geringem Energieeinsatz beschleunigen lässt. Nach Blockierung der Rotoren wird das System in einen Zustand eines starren Schwungrades gebracht. Die kinetische Energie der äußeren Massepunkte konnte damit gewonnen werden, wobei sich ein Faktor von 1.2 praktisch stets nachweisen ließ.

Wenn anstelle der freien Drehung der Rotoren diese durch Keilriemen zwangsweise an die Drehung des Rotorträgers gekoppelt wurde, ergab sich ein noch leichteres Beschleunigen und eine noch größere Differenz des Energieaufwandes für diese Beschleunigung gegenüber der abgreifbaren Energie durch das Abbremsen des Systems. Dieser Effekt ist gegeben aufgrund der unterschiedlichen Trägheitsrichtungen im Sinne der Corioliskraft.

Diese Kraft entsteht durch die Drehung der Rotoren, wobei die Trägheit ein beschleunigendes Moment auf die Drehung des Rotorträgers bewirkt. Beim Abbremsen des Systems konnte gemessen werden, dass dabei ein Faktor von zwei bis drei gegeben ist.

Mit der hier vorgestellten Konzeption wird diesem Wirkprinzip nun in logischer Weise entsprochen. Man muss nicht die Rotorträger beschleunigen, um damit mittelbar eine Drehung der Rotoren zu erreichen. Es genügt vielmehr vollkommen, nur die Rotoren zu beschleunigen.

Wenn die Wirkung der Trägheitsmomente erhöht werden soll, so müssen die Masseschwerpunkte auf asymmetrischen Bahnen geführt werden. Dieses erfordert, dass die Rotoren während ihrer Drehung unterschiedliche Geschwindigkeit aufweisen, also beschleunigt und verzögert werden müssen. Es erübrigt sich dafür das Anfahren und Stoppen des gesamten Schwungsystems. Andererseits müssen die Trägheitsmomente gezielt eingesetzt werden zur Beschleunigung des Rotorträgers. Das kann nur gelingen, wenn anstelle einer gleichförmigen Masseverteilung auf dem Rotor dort nur ein oder zwei Masseschwerpunkte gegeben sind.

Das Beschleunigen und Verzögern der Rotordrehung ist an sich neutral hinsichtlich des Energieaufwandes bzw. deren Rückgewinnung. Lediglich die Reibung in den Lagern und Getrieben muss überwunden werden. Die durch die gezielt eingesetzte Vektoren der Trägheit erzielte Drehung des Rotorträgers dagegen erfordert keinerlei Energieeinsatz, sondern ist an der Welle des Rotorträgers als Überschuss abführbar. Je größer die Schwungmasse und je höher die Drehzahlen sind, desto höhere Energie wird damit gewonnen.

Die Quelle dieser Energie ist die bekannte Trägheit, welcher jedweder Masse 'innewohnt'. Diese Trägheit wurde bzw. war bislang nicht nutzbar, solange rotierende Systeme symmetrische Bahn-

verläufe aufwiesen. Rein durch organisatorische Maßnahmen jedoch werden hier asymmetrische Bahnverläufe erzielt und die Asymmetrie der Trägheitsvektoren so gerichtet, dass im Sinne der Drehung des Rotorträgers eine positive Differenz entsteht.

Damit ist ein rein mechanisch arbeitendes perpetuum mobile gegeben.

Evert  
02.06.98