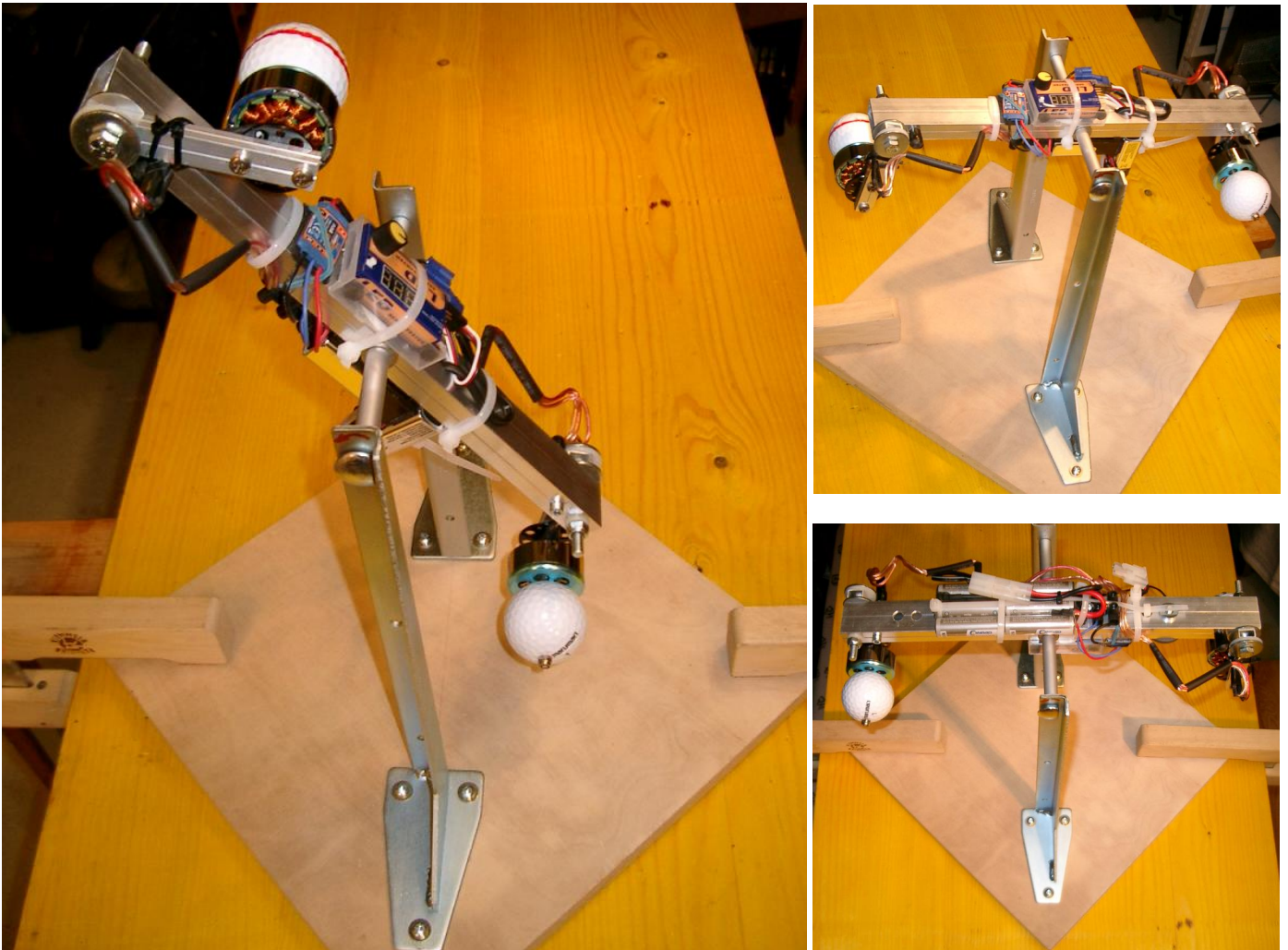


# Aerodynamisches Manifest mit Golfbällen als Experiment am rotierenden Körper

Kein Perpetuum mobile - dafür Einblick in Selbstorganisation,  
respektive ein gelungener Versuch.

Hinweis für Leute die mit dem einleitenden Satz nichts anfangen können:  
Die hier vorgestellte Maschine macht nichts - dies macht sie aber gut.



© Hans Ulrich Stalder, CH-5425 Schneisingen

Jeglicher Nachbau und deren Benutzung erfolgt auf eigene Verantwortung. Die Motivation für den Versuch basierte auf einem „Gefühl“. Weder Berechnungen noch fundiertes Wissen lagen der Konstruktion zugrunde. Obwohl die Konstruktion nicht alle Erwartungen erfüllte, konnten einige Erkenntnisse daraus gewonnen werden.

## **Haftungsausschluss / Disclaimer**

Für fehlerhafte und korrekte Angaben und deren Folgen kann weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernommen werden.

## **Hyperlinks**

Ich distanzieren mich hiermit ausdrücklich von allen Inhalten aller verlinkten Seiten und mache mir diese Inhalte nicht zu eigen. Diese Erklärung gilt für alle angezeigten externen Links und für alle Inhalte fremder Seiten, zu denen in diesem Dokument sichtbare Banner, Buttons und sonstige Verweise führen.

## **Urheberrecht / Copyright**

Urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Diese Dokumentation darf kopiert und weitergeleitet werden solange der Urheber ersichtlich ist und keine kommerziellen Absichten dahinter stehen.

Bilder, Daten und Dokumente die in diesem Werk mit einer Quellenangabe versehen sind oder offensichtlich ist, dass diese Daten nicht der geistigen Schöpfung des Urhebers von diesem Werk entsprungen sind, sind ebenfalls ausgenommen. In den vorliegend aufgezählten Fällen gelten die Bestimmungen des Ursprungs.

# Inhaltsverzeichnis

Die Videos.....	3
1. Einstimmung mit ein wenig Aerodynamik.....	4
2. Untersuchungsabsicht und Konstruktion.....	5
2.1. Untersuchungsziel.....	5
2.2. Anforderungen an die Konstruktion.....	5
2.3. Die Testkonstruktion.....	5
2.4. Einflussfaktoren auf die Testkonstruktion.....	6
2.5. Technische Daten der Elektromotoren .....	8
2.6. Leistungsaufnahme.....	9
2.7. Der theoretische Ablauf.....	9
3. Rückblick und Untersuchungsergebnisse.....	10
3.1. Tauglichkeit der Testkonstruktion.....	10
3.2. Zelebrierte Irrwege.....	10
3.3. Untersuchungsergebnis.....	12
3.4. Kosten.....	12
4. Hinweis zum Perpetuum mobile.....	13
5. Legende.....	14

## Die Videos

Das erste Video zeigt einen Antrieb mittels rotierenden Golfbällen. Es zeigt aber auch, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit der Golfbälle mit zirka 2500 U/Min viel zu gering ist.

Antrieb durch rotierende Golfbälle (0' 10"); Problem? Try this: MOV\_1

Mit etwas wohl-wollen zeigt das folgende Video Ansätze einer Selbstorganisation.

Hinweise auf Selbstorganisation? (0' 3"); Problem? Try this: MOV\_2

## 1. Einstimmung mit ein wenig Aerodynamik

.... Die Wechselwirkung zwischen dem Golfball und der Luft wird von den Gesetzen der Aerodynamik definiert. Es gibt zwei primäre aerodynamische Kräfte: Auftrieb und Widerstand.

Was physikalisch beim Auftrieb passiert (Magnus-Effekt), ist kompliziert. Einfach ausgedrückt geschieht Folgendes: Wegen des Backspins eines Golfballs passiert die Luft den Golfball auf der Oberseite schneller als auf der Unterseite. Das führt zu Druckunterschieden, und auf den Golfball wirkt eine aufwärts gerichtete Kraft ein. ....

Quelle: <http://de.srixon.co.uk/golf-balls/golfball-technologie/golfball-aerodynamik/> (SRIXON)

.... Magnus erklärte den Effekt als erster anhand der Bernoulli-Gleichung, die eine Relation zwischen Druck- und Geschwindigkeitsfeld einer reibungs-, viskositäts- und wirbelfreien Strömung herstellt. Um das experimentell gefundene Geschwindigkeitsfeld zu beschreiben, überlagerte Magnus zwei Geschwindigkeitsfelder: die symmetrische Umströmung eines nicht rotierenden Zylinders und die wirbelfreie Zirkulationsströmung um einen in ruhender Luft rotierenden Zylinder. In der Summe ist die Strömungsgeschwindigkeit auf der Seite des Zylinders, die sich mit der Anströmung dreht, größer als auf der anderen Seite und nach Bernoulli der Druck kleiner. ....

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Magnus-Effekt>

.... Wenn nun der Ball vorwärts fliegt, drückt er die Luft vor ihm zunächst einmal zusammen und erzeugt dadurch vor ihm eine Zone komprimierter Luft. Die Ballrotation beschleunigt die Luft an der Oberseite des Balls, dadurch entsteht oben eine Zone niedrigen Luftdrucks. Gleichzeitig bremst aber die gleiche Rotation auch die Luftströmung an der Unterseite des Balls und sorgt ebendort für eine Zone höheren Luftdrucks, das ist in etwa das gleiche Phänomen welches bei einem Tragflügel eintritt wenn er bewegt wird. Man könnte auch sagen die Rotation transportiert, begünstigt durch die Dimples (*Dellen*) am Ball, die Luft weg von der Zone oberhalb des Balls und "pumpt" diese nach unten. Dadurch ist nunmehr der Luftwiderstand nicht mehr vor dem Ball am grössten, sondern Vorne-Unterhalb des Balls und dieser weicht nach oben aus. Das entspricht der Wirkung eines Tragflügels und bewirkt ganz andere Flugweiten als die reine Impulsenergie hervorrufen würde. ....

Auszug aus „Kann ein Golfball fliegen?“

Quelle: <http://sc000613.host.inode.at/buch4.htm>

## **2. Untersuchungsabsicht und Konstruktion**

### **2.1. Untersuchungsziel**

Wenn ein mit Backspin rotierender Ball die Luft durchfliegt entsteht ein Auftrieb. Die Gravitation vernachlässigt, würde sich bei einem horizontal fliegenden Golfball in jedem Fall ein Steigflug einstellen (da, wie eingangs erwähnt, sich der Luftwiderstand nach Vorne-Unterhalb des Balls verschiebt und der Ball nach oben ausweicht). Die Fluggeschwindigkeits- und Ballrotations-Abnahme ebenfalls ignoriert, müsste der Ball letztlich einen gleichförmigen Looping fliegen – wäre da nicht noch die vertikale Luftsäule. Bei einem bestimmten Winkel beim Durchflug zur Luftsäule erfährt der rotierende Ball den grössten Auftrieb, und somit bei exaktem Flug gegen die Luftsäule wieder nach hinten, nämlich in die Richtung wo der Ball ursprünglich hergekommen ist.

Wenn diese Überlegungen richtig sind, stellt sich die Frage ob dieses Verhalten mit entsprechender Apparatur als Regulierungseffekt zur Selbstorganisation beitragen kann.

### **2.2. Anforderungen an die Konstruktion**

Da mir für solche „Spielereien“ kein Budgetposten zusteht, drängte sich eine Lösung mit möglichst vorhandenem Material auf. Eine erste Zusammenstellung ergab, dass bis auf die kleinen Motoren alles im Haus vorhanden ist (es sollte dann allerdings anders kommen).

Was die effektive Konstruktion betrifft, muss diese über „fliegende“ und rotierende Golfbälle verfügen. Zudem muss die „Flugrichtung“ gegenüber der Luftsäule frei einnehmbar sein. Massgeblich beim Design dieser Test-Apparatur ist eine möglichst einfache Konstruktion – in der Hoffnung, dass die Natur dies schon richten wird (gemeint ist die Selbstorganisation).

### **2.3. Die Testkonstruktion**

Die Grundkonstruktion ist ein Drehgestell mit zwei Arme. Jeder Arm hat jeweils bei zirka zwei Drittel seiner Länge ein Gelenk. Am Ende eines jeden Armes befindet sich ein rotierender Golfball. Anders ausgedrückt, die sich drehenden Golfbälle sind am Ende vom kürzeren Armteil montiert, dieser wiederum kann frei schwingen (zirka 280°). Um den Einfluss der Turbulenz vom davor fliegenden Golfball zu minimieren, wurden die Golfbälle am Arm seitlich versetzt angeordnet.

Jeder Golfball wird durch einen Elektromotor angetrieben der ihn in Rotation versetzt. Gemäss Internet-Recherchen ist auf der freien Wildbahn (Golfplatz) ein Backspin bis zu 13000 Umdrehungen pro Minute möglich (was mit dieser Konstruktion sicher nicht erreicht wird).

Das Drehgestell selbst hat keinen Antrieb und muss anfänglich manuell in Rotation versetzt werden. Der Antrieb erfolgt nur durch die rotierenden Golfbälle.

## 2.4. Einflussfaktoren auf die Testkonstruktion

Im Bewusstsein, dass alle nachfolgend aufgeführten Punkte (vielleicht auch noch mehr) einen Einfluss auf die erhoffte Selbstorganisation haben, habe ich mit der Planung begonnen ....

- Länge der Drehgestell-Arme;
- Länge der frei schwingenden Arme;
- Konstruktion der Golfbälle (hauptsächlich was die Dimples betrifft);
- Umdrehungsgeschwindigkeit der Golfbälle;
- Die Physik am sich drehenden und fliegenden Golfball;
- Luftbeschaffenheit (Druck und relative Feuchtigkeit);
- Luftwiderstand der Konstruktion;
- Die resultierende Zentrifugalkraft der ungleichförmigen Kreisbewegung, abhängig der sich verändernden Radien (linear) und der Summe der Winkelgeschwindigkeiten (im Quadrat)<sup>1</sup>;
- Den sich verändernden Massenmittelpunkt der Schenkel und somit die Gewichtskraft (N) aller sich gegenseitig beeinflussenden Komponenten;

... und auf Grund der relativ einfachen Ausgangslage schon einmal drauf los gemecht.

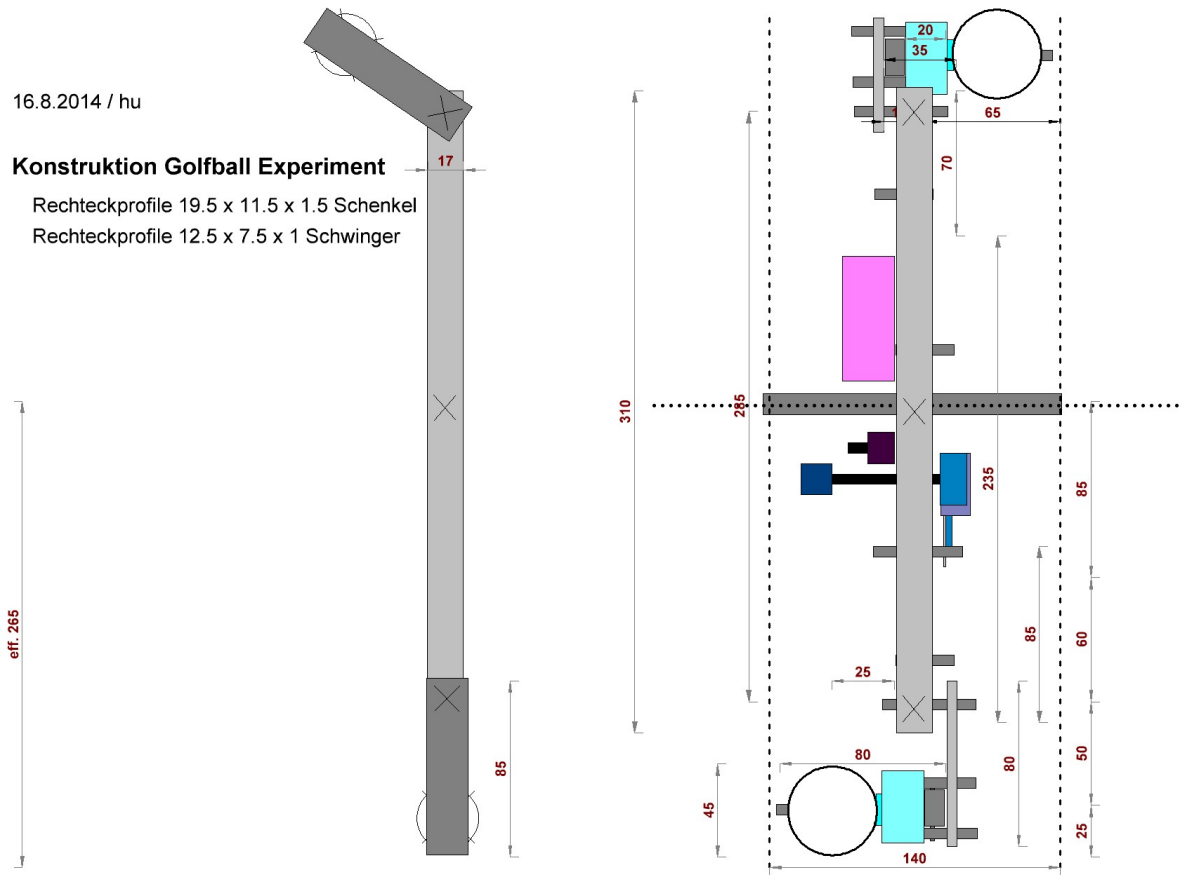
---

<sup>1</sup> Die Zentrifugalkraft, die auf einen Körper wirkt, ist gleich seiner Masse, multipliziert mit seinem Abstand vom Drehzentrum und dem Quadrat seiner Winkelgeschwindigkeit. Harald Lesch – Weisst du, wie viel Sterne ....?

16.8.2014 / hu

**Konstruktion Golfball Experiment**

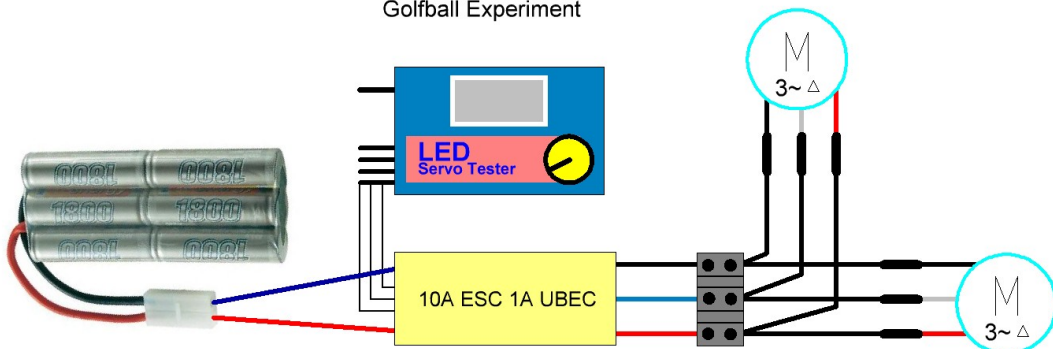
Rechteckprofile 19.5 x 11.5 x 1.5 Schenkel  
 Rechteckprofile 12.5 x 7.5 x 1 Schwinger



*Konstruktion: ungefähr so ....*

**Elektrisches Schema**

Golfball Experiment



## 2.5. Technische Daten der Elektromotoren

Produkt ID:	D4023-850
Rpm/V:	850kv
Max Watts:	380W
Max Amps:	35A
Max Volt:	7.4~14.8v (2~4S)
Idle Current:	1.5A
Resistance:	0.039 ohms
Weight:	107.1g
Shaft:	4mm x 39mm threaded
Mount Diameter:	30mm
Power (W):	380
Shaft (mm):	4
Length (mm):	23
Diameter (mm):	41
Can Length (mm):	13
Tot. Length (mm):	80
Anzahl Anschlüsse:	3
Wechselfelderzeugung:	elektronisch kommutiert (ESC)
Speisung:	Akkupack (NiMh), 7.2 Volt, 1800 mAh



*Erst bei genauem Hinschauen sieht man drei Anschlüsse!*



## 2.6. Leistungsaufnahme

Ein Golfball wiegt zirka 44 Gramm die vielleicht 10 Zentimeter angehoben werden müssen. Die benötigte Leistung entspricht daher der potentiellen Energie nach dem senkrechten Anheben vom Golfball um diese Zentimeter (entspricht daher nicht der potentiellen Energie vom Golfball am obersten Punkt der beiden verschachtelten Kreisbahnen).

$$E_{\text{pot}} = mgh = 0.05 \times 9.81 \times 0.1 = 0.05 \text{ J} = W_s = J_s$$

Wie viel Energie aber letztlich zum Anheben vom Golfball ( $E_{\text{pot}}$ ) wirklich notwendig ist, konnte nicht schlüssig beurteilt werden. Zumal nicht einmal abgeschätzt werden konnte, wo der oberste Punkt vom Golfball liegt (sind die Arme gestreckt oder nicht?).

## 2.7. Der theoretische Ablauf

*Der theoretische Ablauf wurde vor den Tests verfasst und nachher nicht mehr angepasst, das heisst, er entspricht nicht dem effektiven Verhalten.*

Sind die Golfbälle und das Drehgestell einmal in Rotation versetzt, wird erwartet, dass der abwärts bewegte Golfball sich etwas hinter die Verlängerung vom längeren Armteil verlagert. Zirka am untersten Punkt angelangt schwingt der kurze Armteil in Drehrichtung der Gesamtkonstruktion. Vermutlich ist dies zugleich Voraussetzung, dass sich eine Selbstorganisation einstellen kann.

Schwingt der kurze Armteil nun aufwärts (senkrecht zur Luftsäule) entsteht an einer Stelle der höchste vertikale Auftrieb. Nahe an der obersten Stelle sind beide Armteile ziemlich gestreckt und der Zug am längeren Armteil reduziert sich. Der gegenüberliegende Golfball schwingt an unterster Stelle nach vorn und erhöht die Rotationsgeschwindigkeit wieder. Dadurch verlagert sich der kurze Armteil vom oberen Golfball nach hinten. In der Folge wird dieser beim Abwärtsfliegen etwas zur Mittelachse vom Drehgestell hin versetzt und verkürzt die Gesamtlänge vom Arm. Dies wiederum verursacht weniger „Auftrieb“ beim Abwärtsflug. Zudem erfährt der kurze Armteil eine zusätzliche Schwungkomponente. Zentrifugalkraft und Gravitation bewirken am kurzen Armteil eine Drehbeschleunigung (Schwung). Der Ausschlag erfolgt in der Aufwärtsphase vom langen Armteil. Dies zwingt den Ball die Stelle mit maximalem Auftrieb wieder zu passieren. Dadurch wird der lange Armteil nach oben hin gezogen bis sich wieder eine negative Beschleunigung einstellt. Dann beginnt der Zyklus von neuem.

## **3. Rückblick und Untersuchungsergebnisse**

### **3.1. Tauglichkeit der Testkonstruktion**

Der Leitsatz galt - nur so viel Qualität wie notwendig. Dies wurde gut eingehalten und ist bei genauem hinschauen auch sichtbar. Mangelhaft waren im Rückblick die Unwuchten der Golfbälle (aber wie bohrt man eigentlich einen Golfball so, dass keine Unwucht vorliegt). Zwar konnte ich mittels einer alten Tee-Blechbox, die genau den Durchmesser eines Golfballes hatte, eine wunderbare Lehre erstellen. Vermutlich haben aber die antiken chinesischen Ornamente auf der BÜchse zu diesen Unwuchten geführt.

### **3.2. Zelebrierte Irrwege**

#### **Testkonstruktion**

Auf dem Papier wurde als Testkonstruktion zuerst ein vierarmiges Drehgestell entworfen. Da die Gefahr bestand, dass die Luftverwirbelungen den nachfolgenden Ball aerodynamisch stören könnten, wurde die Konstruktion auf ein zweiarmiges System reduziert – was zudem einige weitere Probleme löste.

Um ein kleines Alu-Profil zu erstehen, musste dreimal derselbe Baumarkt aufgesucht werden. Zuerst waren gerade die Gewünschten ausverkauft, dann nach telefonischer Anfrage wieder eingetroffen, aber schon wieder weg, und letztlich die Fahrt um das Alu-Profil abzuholen (war wiederum das letzte Stück mit entsprechendem Aussehen).

Eine weitere (kombinierte) Fahrt zum Baumarkt war notwendig um die benötigten drei Senkkopfschrauben zu erstehen, die für den 9V-Batteriehalter notwendig waren, welcher aber letztlich keine Verwendung mehr fand.

Über die am Werkstattboden verteilten Unterlegscheiben kann ich noch nicht schreiben, da muss ich zuerst meinen Therapeuten kontaktieren ...

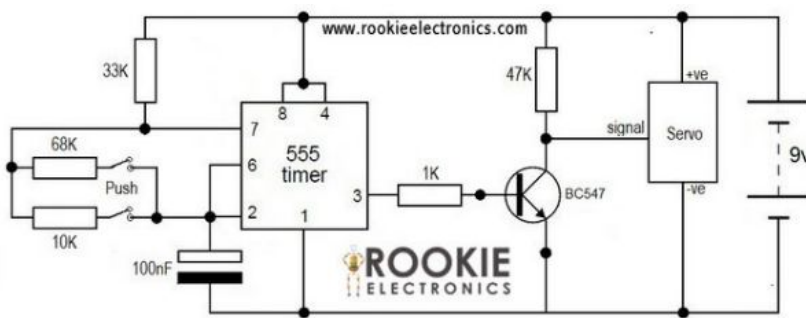
#### **Elektromotoren**

Bei der Auswahl der Elektromotoren hatte die Länge der herausstehenden Achse eine hohe Priorität. Es sollte möglich sein, einen Golfball einfach anstecken zu können. Zudem wurde darauf geachtet, dass die Drehzahlsteuerung mit einer einfachen Elektronik realisiert werden kann. Daher kamen nur Motoren mit zwei Anschlüssen in Frage. Nach tagelangem recherchieren im Internet wurde endlich ein Motor gefunden der den wichtigsten Anforderung entsprach, nämlich bezüglich Achslänge und Anzahl der Anschlüsse (gemäss Bild). Diese Motoren wurden umgehend in Übersee bestellt. Als die Motoren eintrafen stellte sich heraus, dass diese jeweils drei Anschlüsse hatten – auf dem Bild waren aber nur zwei zu sehen. Da die erhaltenen Motoren für ferngesteuerte Modelle konzipiert waren, lag es nahe, dass die Ansteuerungselektronik

im Empfängerteil der Fernsteuerung enthalten sein muss. Eine Fernsteuerung nur für die Drehzahlreglung anzuschaffen, war dann aber doch etwas zu weit gegriffen. Es folgte wieder eine tagelange Suche im Internet nach einer Lösung. Einmal auf den Servomotor-Tester gekommen, öffnete sich eine neue Welt mit vielen Möglichkeiten und eben so vielen Unbekannten. Es folgten die Irrwege mit dem Servomotor-Tester.

## Servomotor-Tester

Der erste Servotester wurde anhand vom Schema (Servotester Bild 1) gebaut – ohne Erfolg. Auch das Umrüsten auf einen BD245 NPN-Transistor blieb erfolglos. Ohne dem Problem weiter nachzugehen wurde ein kostengünstiger Servotester gekauft (Servotester Bild 2). Aber auch dieses Teil wollte nicht (Null Bock). Könnte wohl sein, dass bei kleinen Motörchen beide Teile ihren Dienst verrichtet hätten, aber für meine beiden relativ starken Motoren diese „Behelfsansteuerungen“ nicht geeignet sind. Erlösung brachte ein weiterer gekaufter Servotester mit Puls-weiten-Anzeige.



Servotester Bild 1 (68K Widerstand durch 100K Poti ersetzt)



Servotester Bild 2 (SMD-Baustein)

## Speisung und Umdrehungsgeschwindigkeit der Golfbälle

Zuerst wurde auf nur eine 9V Duracell Lithium Batterie, mit einem Kurzschlussstrom von etwa 4 Ampere, gesetzt. Dies quittierte die Servomotor-Ansteuerungselektronik mit wiederkehrenden Depressionen. Mit zwei parallel geschalteten 9 Volt Batterien sah es schon besser aus. Die Spannung sank zwar ebenfalls auf zirka 6 Volt ab und es konnte ein Stromfluss von zirka 1.5 Ampere gemessen werden. Die Umdrehungszahl der Motoren kam dabei trotzdem nicht über geschätzte 1400 RPM (Revolutions Per Minute), dies von der PWM (Pulse Width Modulation) abgeleitet (1500 uSec, was 150 auf dem Display entsprach). Das heisst, die angestrebte Umdrehungszahl von >2000 RPM wurde nicht erreicht. In der Folge wurde auf ein Akkupack (NiMh) 7,2 Volt umgestellt.

Mit diesem Akkupack wurde eine ungefähre Umdrehungsgeschwindigkeit/Min von 2500 erreicht (Display-Anzeige: 230).

### 3.3. Untersuchungsergebnis

Die Annahme wurde bestätigt, dass eine Vorwärtsbewegung resultiert wenn sich in Drehung versetzte Golfbälle an einem frei laufenden Drehgestell befinden. Das kommt daher, dass der Radius am äusseren Ballrand grösser ist als am inneren, und somit Hebelarm bedingt, der Vortrieb aussen grösser ist als die Bremswirkung auf der zur Drehachse zugewandten Seite.

Ob sich bei einer viel höheren Umdrehungsgeschwindigkeit der Golfbälle eine kontinuierliche Selbstorganisation einstellen würde, konnte wegen dem zu schwachen Vorwärtsantrieb nicht schlüssig beantwortet werden.

Negativen Einfluss auf den Vorwärtsantrieb hatten sicher auch die entstandenen Vibrationen, verursacht durch die Unwuchten.

Generell kommt erschwerend dazu, dass bei hoher Umdrehungszahl vom Drehgestell durch die Zentrifugalkraft die Arme gestreckt würden. Das schränkt demnach die Spanne der optimalen Rotationsgeschwindigkeit der Golfbälle ein. Das wäre dann zwischen 3000 U/Min und 13000 U/Min (bei gut ausgewuchteten Golfbällen).

Mit diesem ernüchternden Ergebnis wird dieses Golfball-Experiment abgeschlossen.

### Fazit

Mit Schwung hinauf, hinauf  
die Schwerkraft überwinden  
und durch den Tanz der Bälle  
zum Glück hin finden

### 3.4. Kosten

Obwohl das verbaute Material höchstens mit 80 CHF zu Buche schlägt, beliefen sich die Direktausgaben auf über CHF 200. Zählt man noch die verdeckten Kosten dazu, gelangen wir locker auf 300 CHF. Da meine Frau sich absolut nicht für mein Basteln, wie sie das nennt, interessiert, wird sie dies nie erfahren und hat somit auch kein Problem damit (ausser jemand verpfeift mich und macht meine Frau unglücklich <sup>2</sup>).

---

<sup>2</sup> Diesbezüglicher Buchtipp: Die Wildente von Henrik Ibsen

## 4. Hinweis zum Perpetuum mobile

Die Energie die den Elektromotoren gesamt zugeführt wurde, beträgt einige Watt. Die Energie die am Drehgestell zur Verfügung steht, wurde sicherheitshalber nicht gemessen. Denn - wäre diese grösser als die zugeführte Energie, würde es wieder Schelte hageln, siehe

<http://www.lowandslow.de/>

- > Die Ecke der Flugzeugbauer
- > Selbstbau UL-Flugzeug vom Baumarkt nach LTF-L, 120 kg Klasse oder Jeholopterus suchen.

## 5. Legende

BEC	Battery Eliminator Circuit	Verhindert einen zweiten Akku mit entsprechender Speisespannung für die elektronische Steuerung einsetzen zu müssen (U steht für Spannung)
ESC	Electronic Speed Control	Motorsteller genannt
LTF-L	Lufttuchtigkeitsforderungen	für aerodynamisch gesteuerte Luftsportgeräte bis 120 kg Leermasse; das "L" steht für leichte Luftsportgeräte und umfasst alle Dreiachser (nicht motorisiert oder motorisiert)
SMD	Surface Mounted Device	oberflächenmontiertes Bauteil

\* \* \* \* \*

\* \* \*

\*