

Vielen Dank, dass Sie einen Bausatz bei Klose Mendocino Motoren erworben haben.

Vorwort

Die Bauanleitung ist anwenderorientiert und kleinschrittig aufgebaut. Erfahrungen aus einigen Jahren haben mir gezeigt, dass Menschen mit unterschiedlichsten Voraussetzungen - vom Anfänger bis zum versierten Modellbauer - die Bausätze zu einem Mendocino Motor bringen. Wegen der Schwierigkeit für alle Voraussetzungen eine einheitliche und zugleich verständliche Beschreibung zu finden, habe ich mit vielen Bildern gearbeitet. Sie beschreiben auch triviale Dinge, die dem geübten Bastler als überflüssig erscheinen mögen.

Sie benötigen aus eigenen Mitteln: Lötkolben und Lötzinn, Cutter Messer, ca. 35 cm doppelseitiges Klebeband, Inbuschlüssel, Heißklebepistole (oder alternative Kleber mit Volumen, z.B. Sikaflex 252 etc.) und 1 Schraubzwinge.

Alle nicht alltäglichen Bearbeitungsverfahren, die leicht zu irreparablen Mängeln führen könnten oder die besondere Kenntnisse oder Fertigkeiten erfordern, sind in dem Bausatz vormontiert. Einzelne Bauteile sind ggf. schnell nachlieferbar.

Bitte verwenden Sie dazu die Emailadresse: manfredklose@t-online.de oder [Telefon 02722 730006](tel:02722730006) oder [01577 5729949](tel:015775729949) Gerne nehme ich auf diesem Wege auch Rückmeldungen für Verbesserungen entgegen.

Im Folgenden sind **zusätzliche Ratschläge oder Bemerkungen in blauer Farbe** und **wichtige Dinge in roter Farbe** ausgeführt. Es mag stören, dass ich manche Sachverhalte mehrfach wiederhole. Die Erfahrung hat mich gelehrt, dass wichtige Hinweise in einfacher Ausführung bisweilen überlesen werden.

Autor: Manfred Klose (Vervielfältigungen und Veröffentlichungen bitte nur mit Erlaubnis des Herstellers.)

Achtung:

Es werden **starke Neodymmagnete** verwendet. Sie können u. U. auch **Herzschrittmacher** und **Funkuhren** beeinflussen.

Wenn die Magnete durch ihre starke Anzugskraft unkontrolliert aufeinander schlagen, besteht die Gefahr, dass sie zerbrechen und unbrauchbar werden. Das Ablegen der Magnete erfordert einen Sicherheitsabstand zu anderen magnetisch anziehbaren Teilen oder anderen Magneten.

Aneinanderhaftende Magnete schiebt man am besten im 90 Grad Winkel zur Anziehungskraft auseinander.

Inhaltsangabe

1. Bau des Rotors	Seite 3
2. Bau des Gestells	Seite 25
3. Einpassen des Rotors in das Gestell	Seite 27
4. Auswuchten	Seite 34

1. Bau des Rotors

Eine grundsätzliche Überlegung zur Wirkungsweise des Motors:

Bei einem Mendocino Motor werden gegenüber liegende Solarzellen miteinander kurzgeschlossen, also plus auf minus und minus auf plus geschaltet. Dazu verwenden wir Brücken und vermeiden so ein unübersichtliches Kabelgewirr im Innern des Rotors. Zwischen den Brücken ist eine Spule geschaltet. Da eine Solarzelle immer im Licht steht und die gegenüberliegende im Schatten, wird die im Licht stehende Solarzelle einen höheren Strom erzeugen als die im Schatten befindliche Solarzelle. Sie bestimmt dann auch die Stromrichtung in der Spule. Beim Weiterdrehen kommt die andere Solarzelle ins Licht und die Stromrichtung wird umgedreht. Aus Sicht des Antriebsmagneten fließt der Strom aber immer in derselben Richtung an ihm vorbei, sodass der magnetische Impuls auf die induzierte Spule stets in dieselbe Richtung geht. Es liegt ein konstanter Antrieb ohne mechanische oder elektronische Bauteile zur Stromrichtungsänderung vor. (Lichtkommutation)

Inzwischen biete ich nur noch Mendocino Motoren mit achtflächigen Rotoren an. Sie lassen sich deutlich besser auswuchten als die 4- oder 6-flächigen Rotoren und ihre Spulen liegen günstiger im Antriebsmagnetfeld. So wird die ohnehin sehr schwache Lorentzkraft optimal ausgenutzt.

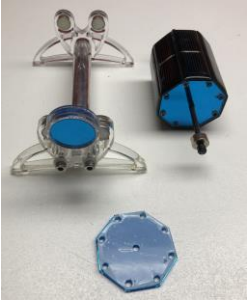
Die Technik und der Aufbau der Rotoren ist bei allen Motoren nahezu gleich. Die Rotationskörper unterscheiden sich lediglich durch das Vorhandensein einer Rosette und ob diese ggf. rund oder achteckig ist.

Dinge, die zu beachten sind:



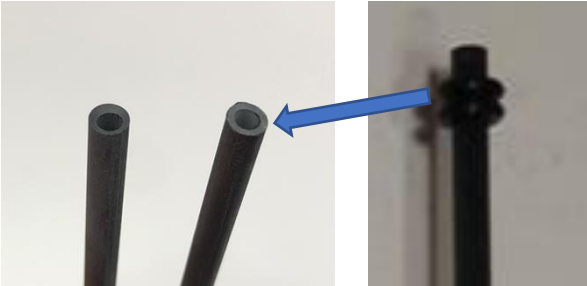
Bei der Anschlagswand ist eine Ronde mit einer abgeklappten Schutzfolie versehen. Das ist die Seite, auf der **keine** schützende Borosilikatglasscheibe verklebt ist. Die Kugel des Rotors berührt die Ronde auf der Glasseite.

Die Folie wurde deshalb halbseitig auf der Ronde gelassen, damit man die ungeschützte Ronde identifizieren kann und man sie später leicht von der Ronde abziehen kann.



Bei den Bausätzen **ohne** Metallrosetten (z. B. einer von Bild der Wissenschaft) lässt man die Schutzfolie auf der Spiegelwand bis der Rotor letztendlich ausgewuchtet ist. Das Entfernen der Schutzfolie ist hier der allerletzte Schritt.

Da man die Auswuchtschrauben verkleben muss, verhindert die Schutzfolie dann des Verschmieren der Klebereste auf dem Acrylspiegel.



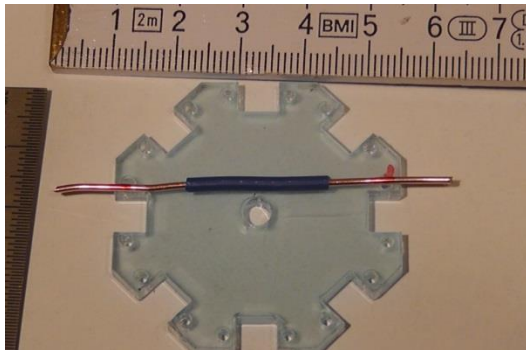
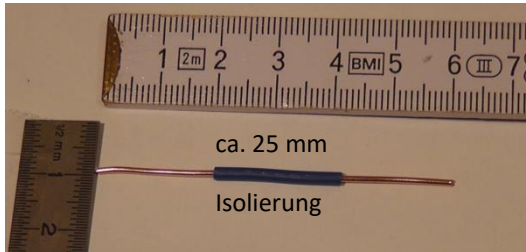
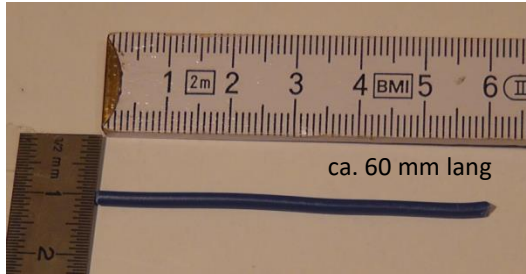
Auf einer Seite der Achse ist ein Kugelsitz eingefräst. Die andere Seite hat einen geraden Schnitt. **Beim Wickeln der Spulen sollte man das ungefräste Ende mit zwei Gummiringen vorübergehend kennzeichnen. Dann kann man die Seite nicht verwechseln, die man in die Montagehilfe stecken muss.**



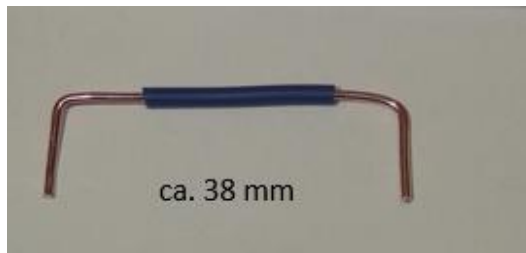
Bei allen Bausätzen, die eine Metallrosette an den Rondenwänden haben, zieht man sofort die Schutzfolie ab. Feuchtigkeitsränder entfernt man ggf. mit Glasreiniger.

(keinesfalls mit Verdünnung – erzeugt hässliche Spannungsrisse!)

Herstellung der 8 Drahtbrücken.



...die Brücken so abbiegen, dass sie in die rot markierten Löcher der Wicklungsaufnahmen passen – die 8 Brücken benötigt man später.

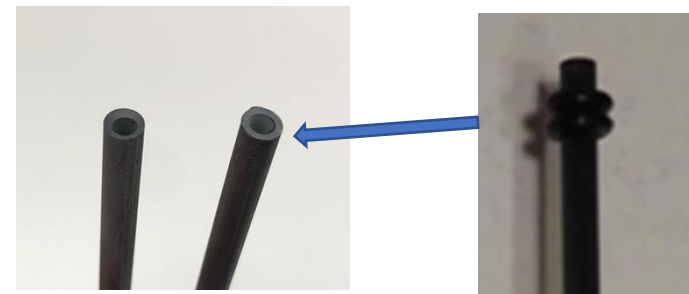


Der Rotor wird auf einer Seite mit einer Kugel, die per Magnetkraft gegen eine Glasfläche drückt, gelagert. Hierdurch läuft der Rotor bei geringstmöglicher Reibung und zudem annähernd verschleißfrei.

Da die Kugel von einem Kugelhalter fixiert wird, kann sie auch beim Umgang mit dem Rotor nicht verloren gehen.

Zudem ist auf einer Seite der Achse ein Kugelsitz eingefräst. Somit erhält die Kugel einen zentrischen Sitz, damit die Achse durch Toleranzen der Wandstärke nicht unrund läuft.

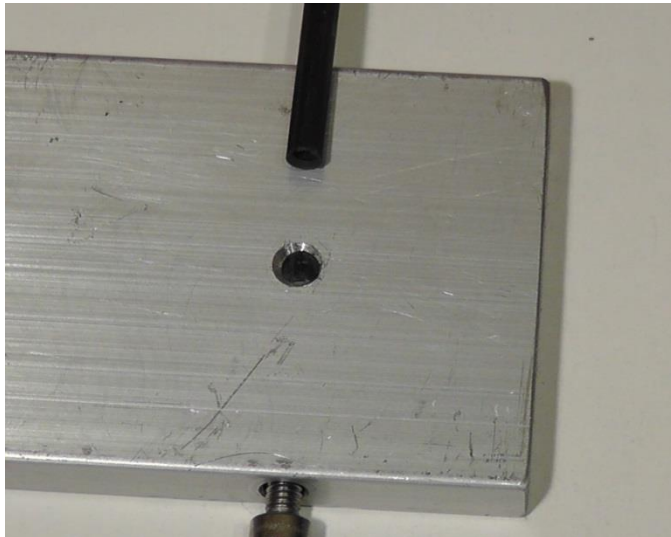
Die andere Seite hat einen geraden Schnitt. Beim Wickeln der Spulen sollte man das ungefräste Ende mit zwei Gummiringen vorübergehend kennzeichnen. Dann kann man die Seite nicht verwechseln, die man in die Montagehilfe stecken muss.



Die Montagehilfe

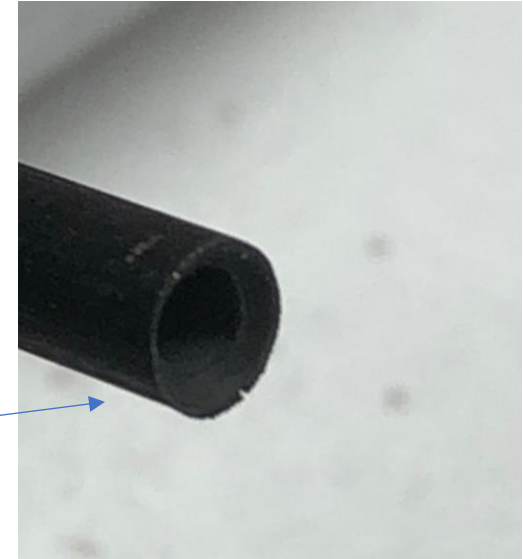
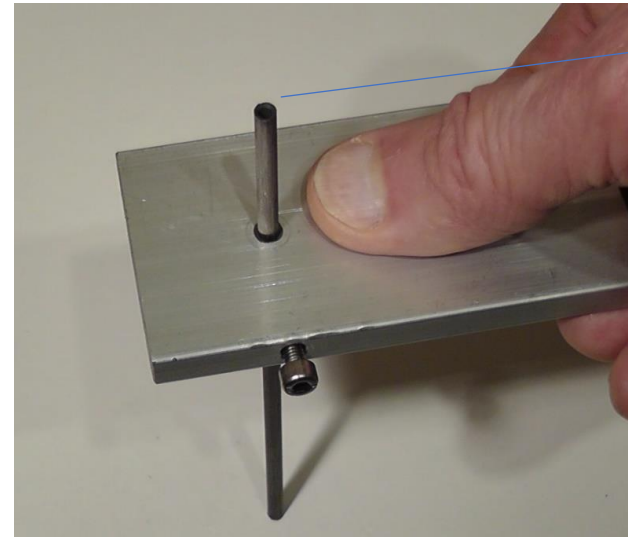
Die mitgelieferte Montagehilfe aus Aluminium oder Buchenholz ist Ihnen eine Hilfe bei einigen Arbeitsschritten.

Z.B. wird die Achse im rechten Winkel in der Montagehilfe fixiert, wenn Sie sie in die Bohrung stecken und die Schraube mit Gefühl anziehen. Dies erleichtert das rechtwinklige Festkleben der beiden Wicklungsaufnahmen.

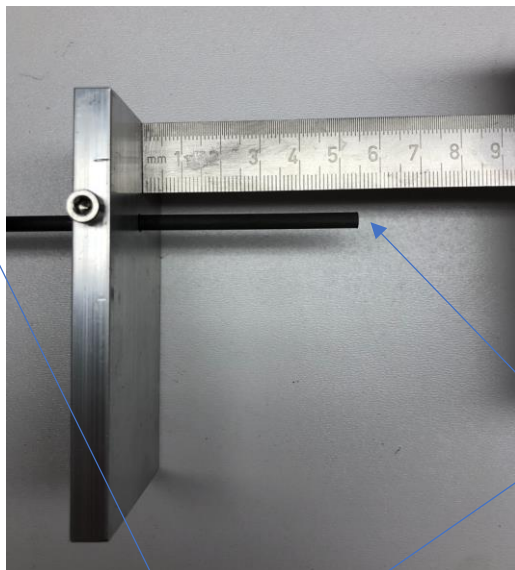


Das GfK-Rohr (Achse) und die Bohrung in der Montagehilfe haben gleiche Durchmesser. Wegen der Toleranzen der Achse kann es jedoch sein, dass sie leicht oder nur mit Kraft durch die Bohrung der Montagehilfe passt. In jedem Falle wird die Achse durch das **gefühlvolle** Anziehen der Befestigungsschraube senkrecht arretiert.

Ein zu festes Anziehen beschädigt die Struktur der GfK Rohres.

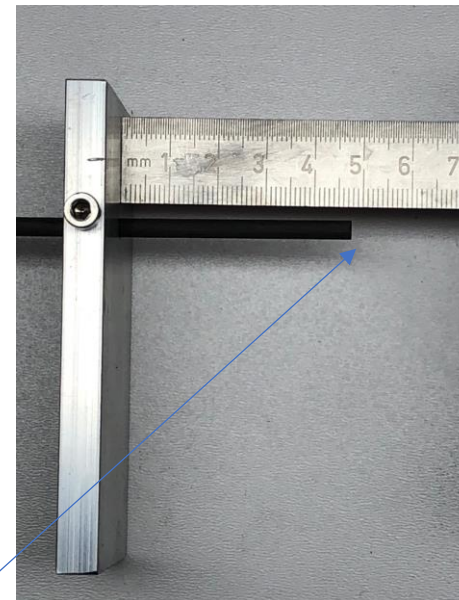


Bei den Motoren der Serien **O** und **P** (**diese Motoren haben ein Aluminiumrohr**) führt man nun die Seite **mit dem Kugelsitz** so weit in die Montagehilfe ein, dass das Ende mit dem Kugelsitz **55 mm** herausragt. Die Achse wird sanft mit der Schraube arretiert.

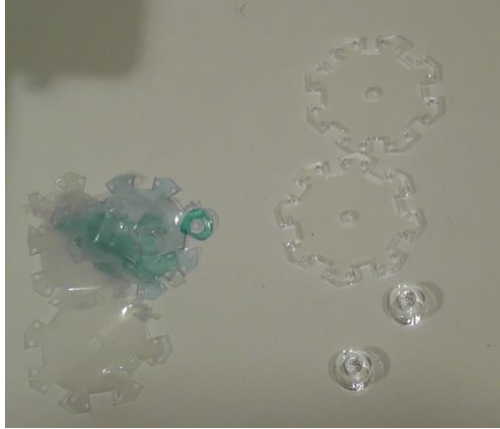


Der weitere Aufbau erfolgt auf dieser Seite

Bei den Motoren der Serie **X** (**diese Motoren haben eine Bodenplatte**) führt man nun die Seite **mit dem Kugelsitz** so weit in die Montagehilfe ein, dass das Ende mit dem Kugelsitz **48 mm** herausragt. Die Achse wird sanft mit der Schraube arretiert.



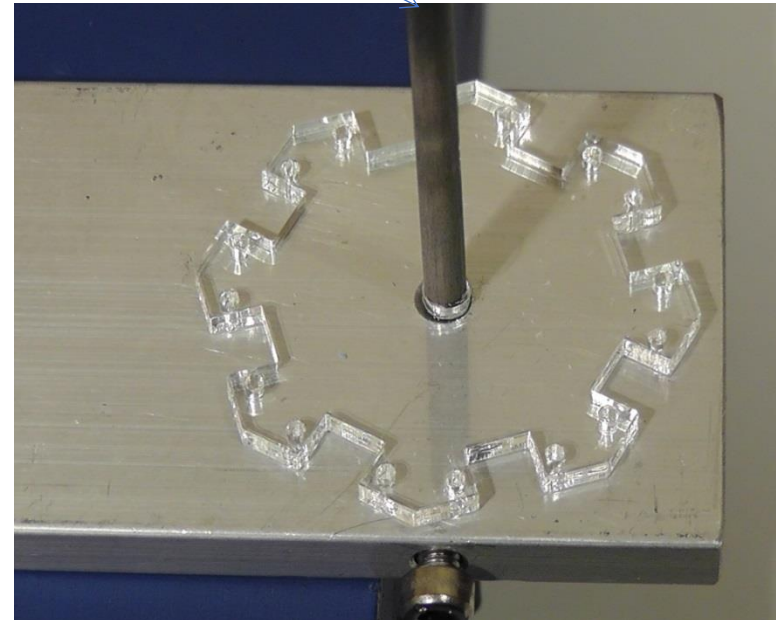
eingefräster Kugelsitz

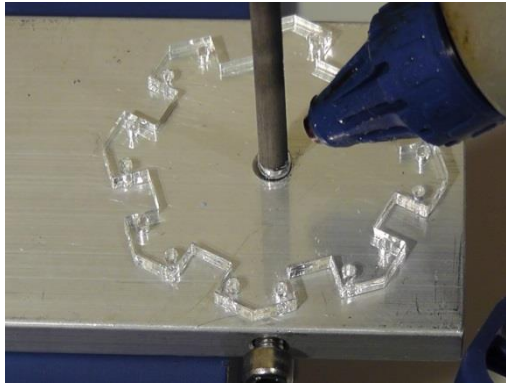


Ziehen Sie die Schutzfolien der beiden transparenten Acryl-Wicklungsaufnahmen und der Distanzstücke beidseitig ab. Die Distanzstücke können ggf. auch aus schwarzem Acryl bestehen. Keinesfalls die beiliegenden vernickelten Distanzstücke an dieser Stelle verwenden. Letztere gehören zum Gestell.

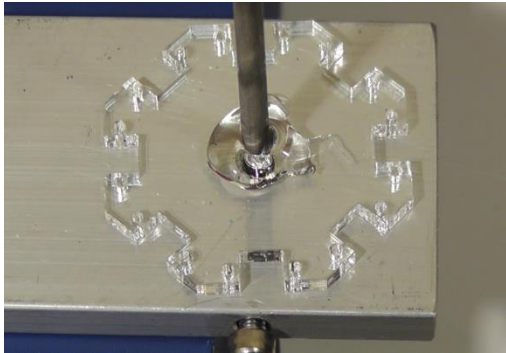
Auf diesen Teil (oberhalb der Montagehilfe) der Achse ist **kein** eingefräster Kugelsitz.

Wichtig:
Der Aufbau der Wicklungsaufnahme erfolgt auf dem Teil der Achse **ohne** den eingefrästen Kugelsitz!



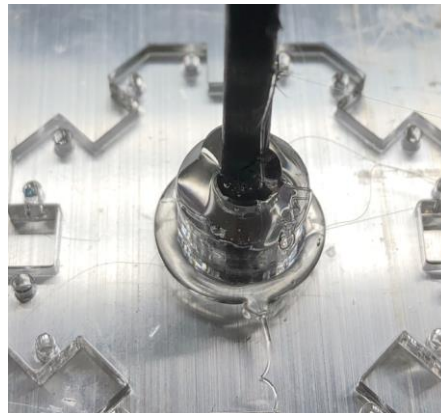
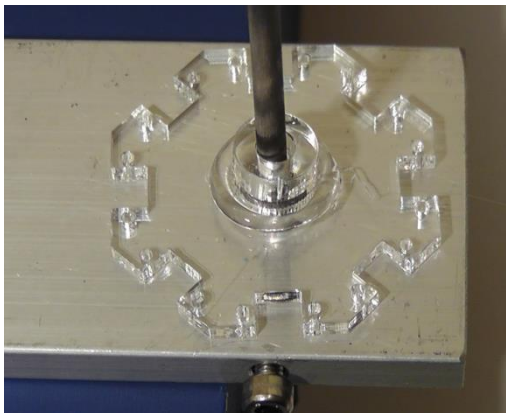


Wichtig: Bei den Bausätzen sind 4 Distanzstücke (12x4x8mm - in welcher Kombination hängt vom Bausatz ab). Zwei davon passen farblich zu dem Gestell. Die anderen beiden verwendet man hier zum inneren Aufbau des Rotors.



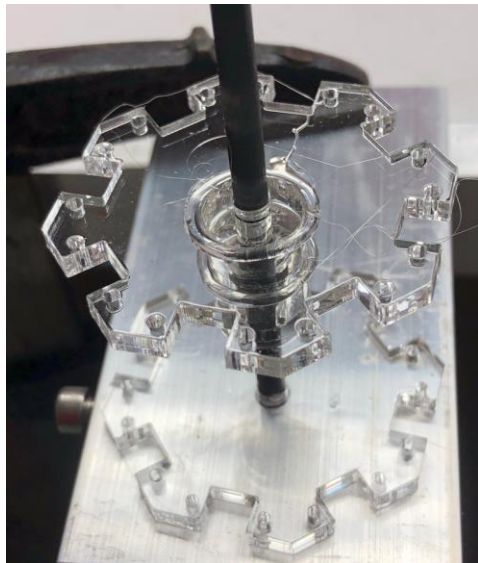
In folgender Reihenfolge werden die vier Teile auf der Achse verklebt:
Wicklungsaufnahme 1,
Distanzstück 1,
Distanzstück 2,

Nun lässt man den Kleber erst aushärten.

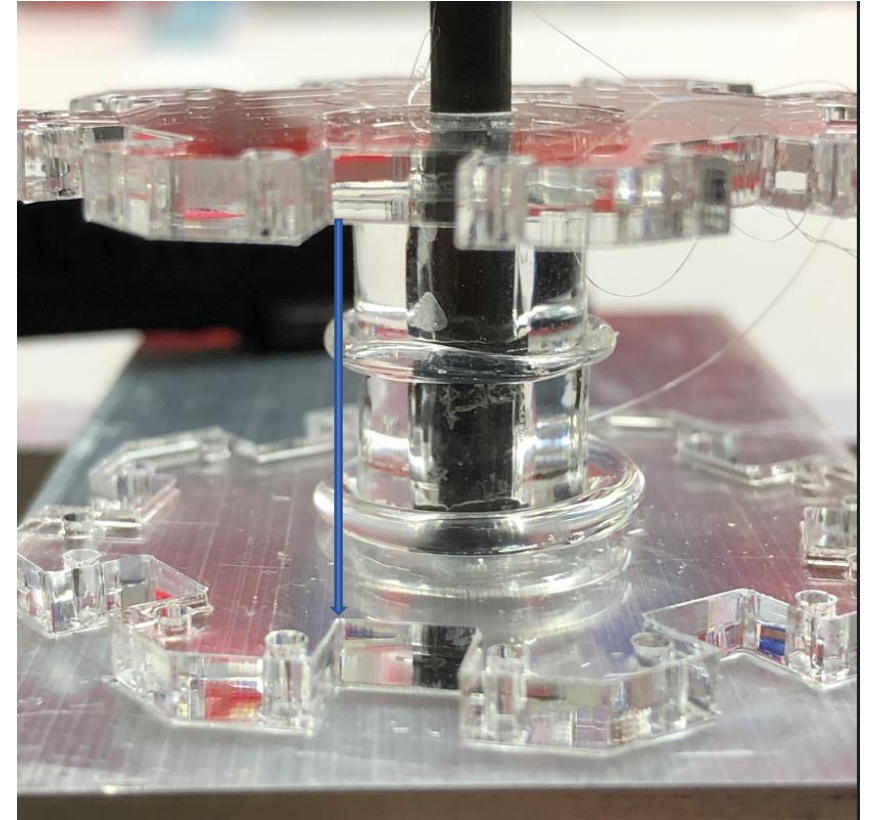




Nach dem Aushärten gibt man Heißkleber auf die zweite Distanzronde und führt die Klebestellen mit der zweiten Wicklungsaufnahme zusammen.



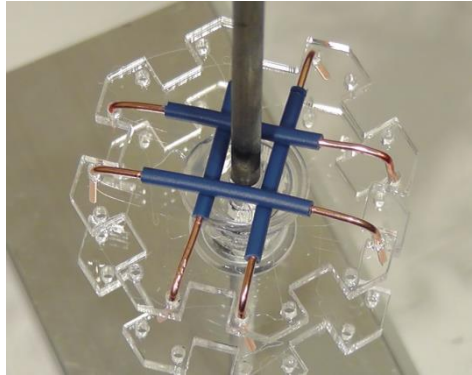
Die zu verklebende Wicklungsaufnahme liegt dabei plan auf der Montagehilfe.



In der Zeit bis zum Aushärten des Klebers fluchtet man die Wicklungsaufnahmen aus.

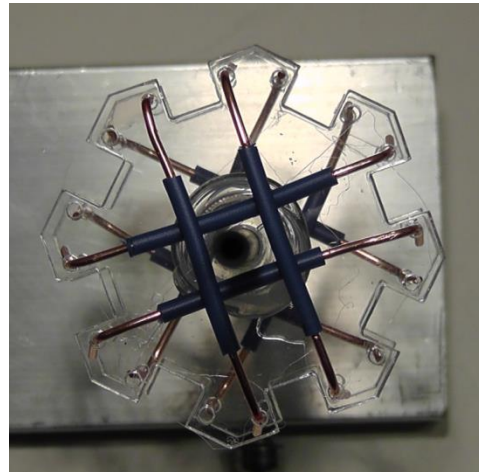
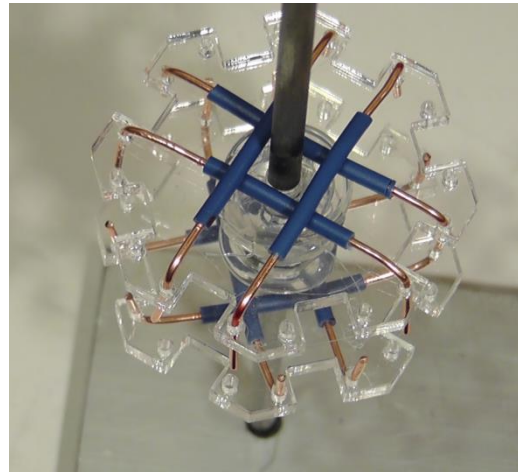
Nun werden die 8 Brücken eingesetzt und deren Enden leicht gegen das Herausfallen verbogen.

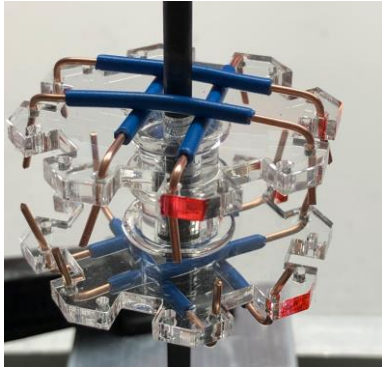
1



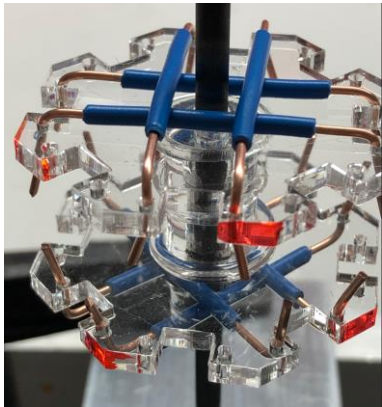
Das obere und untere Brückenkreuz sind gegeneinander um 45 Grad versetzt.

2

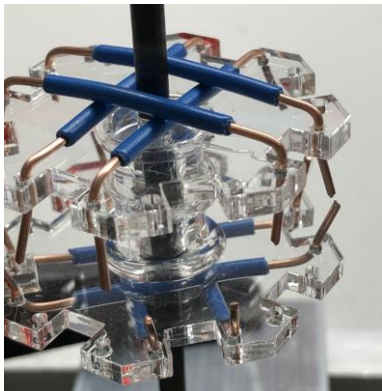




Wir kennzeichnen nun die **rechte** zweier parallel verkaufenden Brücken.



Dann drehen wir den Körper um 45 Grad und kennzeichnen (auf der unteren /anderen Wicklungsaufnahme) wieder die **rechte** der zwei parallel verkaufenden Brücken.



Nur die 4 Markierungen - alle anderen bleiben frei.



Eine Nummerierung kann helfen.

Vor der eigentlichen Tätigkeit (nächste Seite) etwas Grundsätzliches....

Für das Wickeln gilt: Die Spule 1 beginnt mit dem Anlöten (des blank geschmirgelten Drahtendes) im Kreis bei 1 und endet an der dazu **parallel** verlaufenden Drahtbrücke.

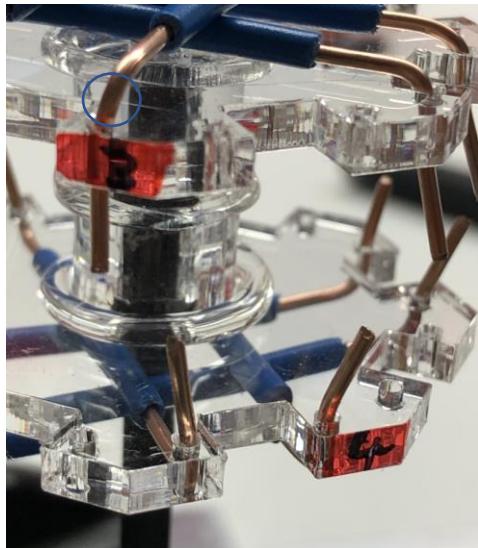
Dann wird der Körper um 45 Grad gedreht. Spule 2 beginnt mit dem Anlöten (**des blank geschmirgelten Wickeldrahtendes**) im Kreis bei 2 und endet an der dazu parallel verlaufenden Drahtbrücke.

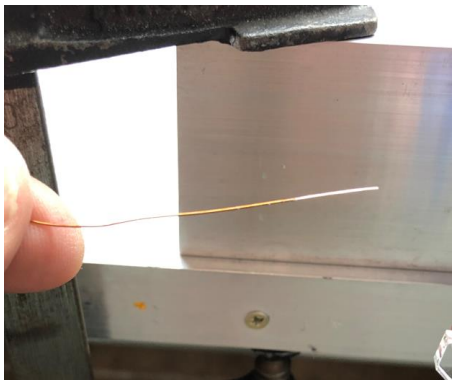
Die Wicklungsrichtung wird mit der ersten Spule festgelegt und wird **grundsätzlich beibehalten**, sowohl beim Wickeln auf der andern Seite der Achse als auch bei allen weiteren Spulen.

...entsprechend Spule 3 und 4.

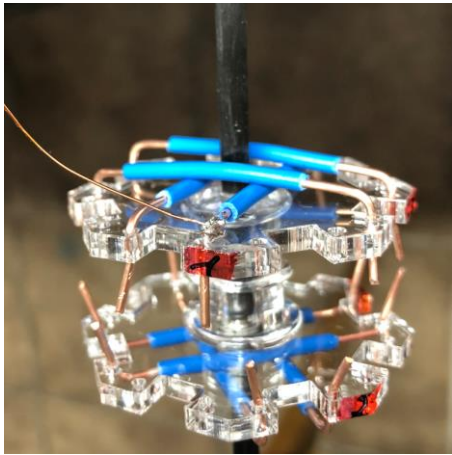
Das gerade Ende der Achse versehen wir mit einem oder zwei der O-Ringe, um ein Einführen der Achse in die Montagehilfe mit dieser Seite zu verhindern.

Auf den nächsten beiden Seite sehen Sie eine Bilderfolge, die diese Beschreibung verdeutlicht.

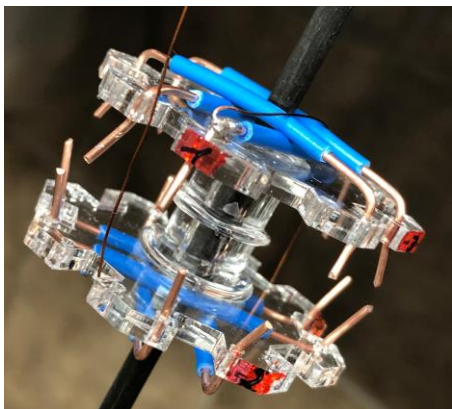




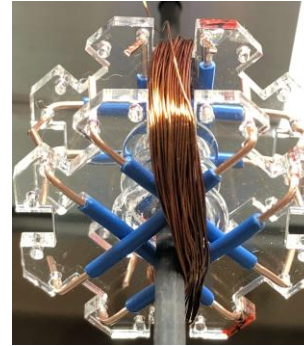
Isolierung entfernen



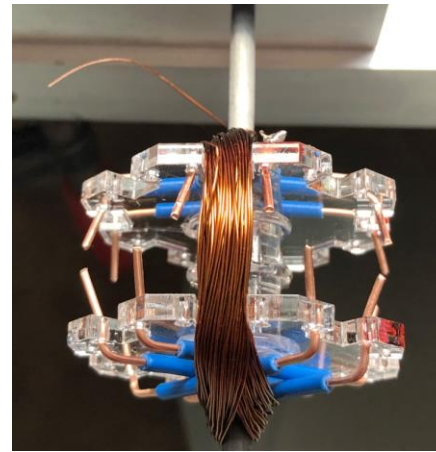
Spulenanfang anlöten



Wicklungsrichtung festlegen

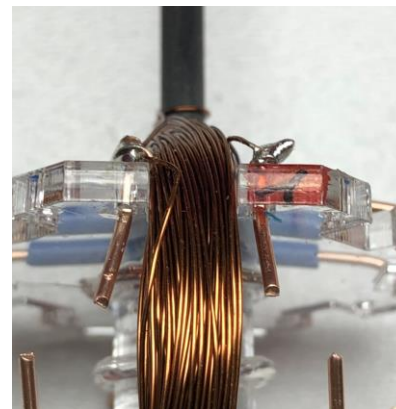


50 Windungen rechts
an der Achse vorbei,



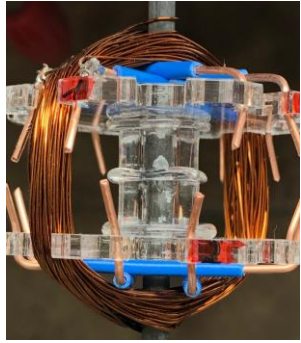
Dann 50 Windungen
links an der Achse
vorbei

und die Isolierung am
Drahtende entfernen.

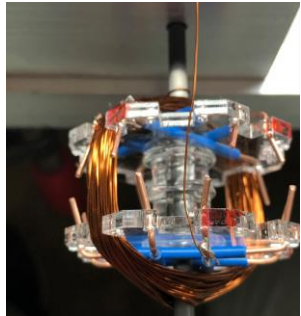


Das Drahtende wird an
der parallelen Brücke
angelötet.

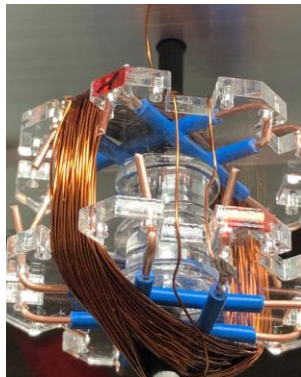
Spule 1 ist fertig.



Körper um 45 Grad drehen,



(abisolierten Draht) an Pos. 2
anlöten



Wicklungsrichtung von Spule
1 beibehalten,

Weiter wie bei Spule 1:

50 Windungen rechts
an der Achse vorbei,

Dann 50 Windungen links an
der Achse vorbei,

die Isolierung am Drahtende
entfernen,

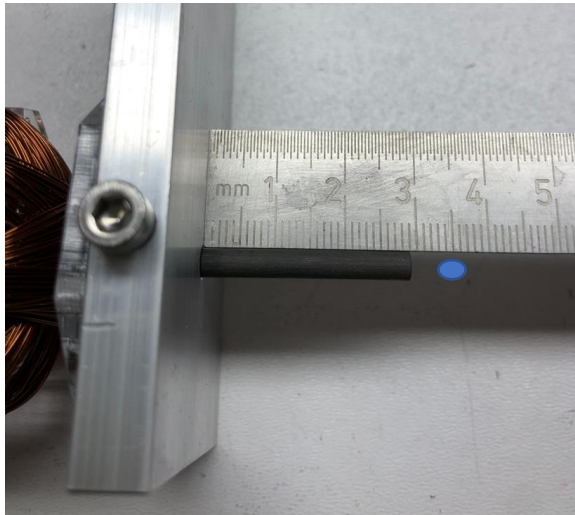
und das Drahtende an der
parallelen Brücke anlöten.

Spule 2 ist fertig.

Es folgen Spule 3 und 4.

Den fertig gewickelten Rotor versehen wir nun mit den Rotorwänden

Nur für Modell der X-Serie



• Seite mit Einfräsung

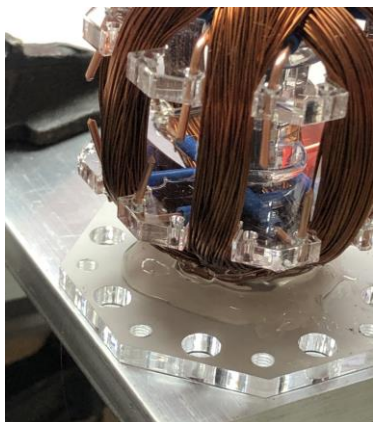
Nun führt man die Montagehilfe auf die Achse gegen die verspiegelte Seite der Rotorwand, dass die Achse **29 mm** aus der Montagehilfe herausragt. Die Achse wird dann sanft mit der Schraube festgesetzt.

Nur für Modell der O- und P-Serie

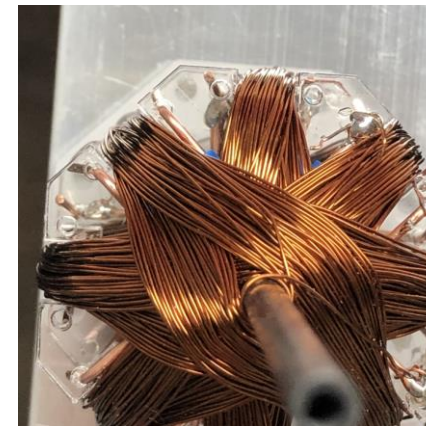


• Seite mit Einfräsung

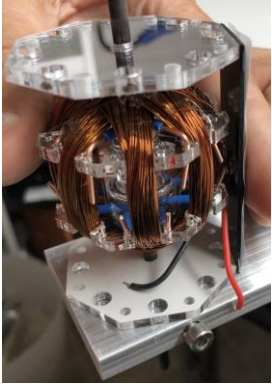
Nun führt man die Montagehilfe auf die Achse gegen die verspiegelte Seite der Rotorwand, dass die Achse **36 mm** (auch wenn das Bild hier fehlerhaft ist) aus der Montagehilfe herausragt. Die Achse wird dann sanft mit der Schraube festgesetzt.



Zunächst bring man den Rotor in eine senkrechte Position. Auf die Rückseite der Rotorwand fügt man großzügig Heißkleber zu, dass die Achse nach dem Erkalten fest in der rechtwinkligen Lage zur Rotorwand gehalten wird..

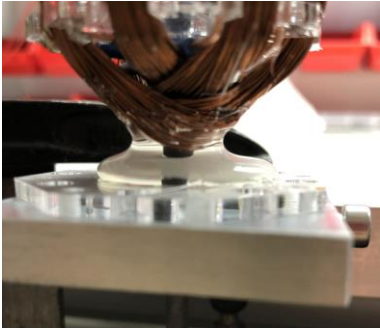


Während der Kleber noch flexibel ist, fluchtet man die Seiten der Wicklungsaufnahme und die der Rotorwand parallel aus.



Nach der Erkalten des Klebers dreht man ihn um und bestimmt durch die Länge einer Solarzelle den Abstand der festen Rotorwand zu der noch zu verklebenden Zelle.

Es ist gut, wenn man die Distanz 1 mm größer wählt. Der Kleber zieht sich beim Erkalten 0,2 - 0,3 mm zusammen. Und da auch die Solarzellen ein leicht differierendes Maß haben, könnten die Rosetten anschließend nicht parallel zueinander passen.



Das Verkleben sollte eine stabile Verbindung ergeben.



Nach dem Verkleben, das Ausfluchten nicht vergessen...

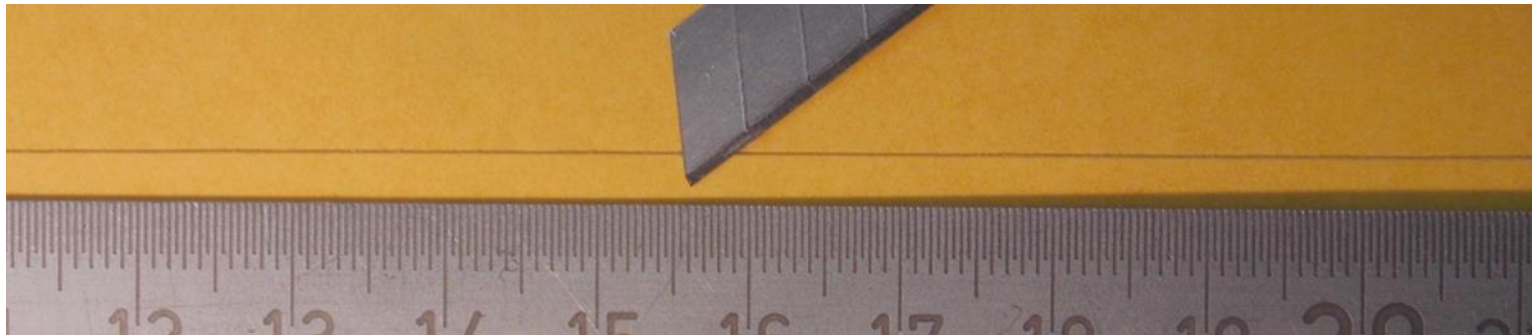


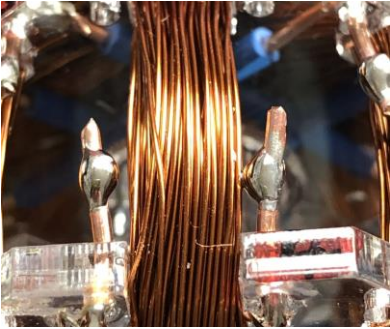
Um die Solarzellen später beim Verkleben mit Heißkleber (oder Alternativen) in der gewünschten Position bis zum Aushärten des Klebers zu halten, umklebe ich die Kanten der Rotorwände mit doppelseitigem Klebeband.

Das Klebeband dient nicht dazu, die Solarzellen endgültig festzusetzen. Seine Klebekraft reicht nicht, um die Fliehkräfte des drehenden Rotors aufzunehmen.

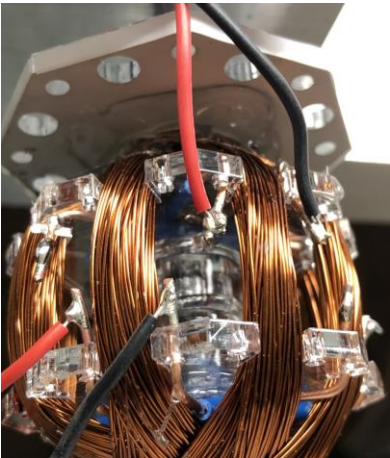
Es gibt 3 mm breites doppelseitiges Klebeband, man kann sich diese Steifen aber auch leicht selbst herstellen:

Zuerst wird ein 20 cm langer Streifen doppelseitiges Klebeband auf den Arbeitstisch geklebt. Nach dem Entfernen der oberen Schutzfolie klebt man hierauf ein genau 16 cm langes Stück doppelseitiges Klebeband. Von dem oberen Klebeband schneide ich mit Lineal und Cutter Messer zwei 3 mm breite Streifen ab. Die klebt man auf die Kanten der Spiegelachse wobei die obere Schutzfolie noch nicht entfernt wird..



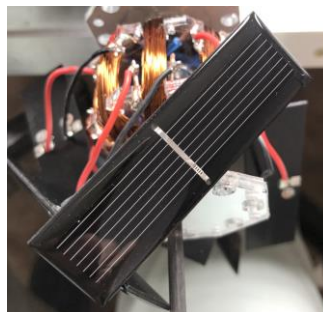


Auf alle Brückenenden gibt man nun etwas Lötzinn.

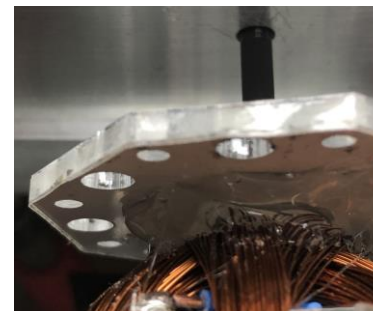


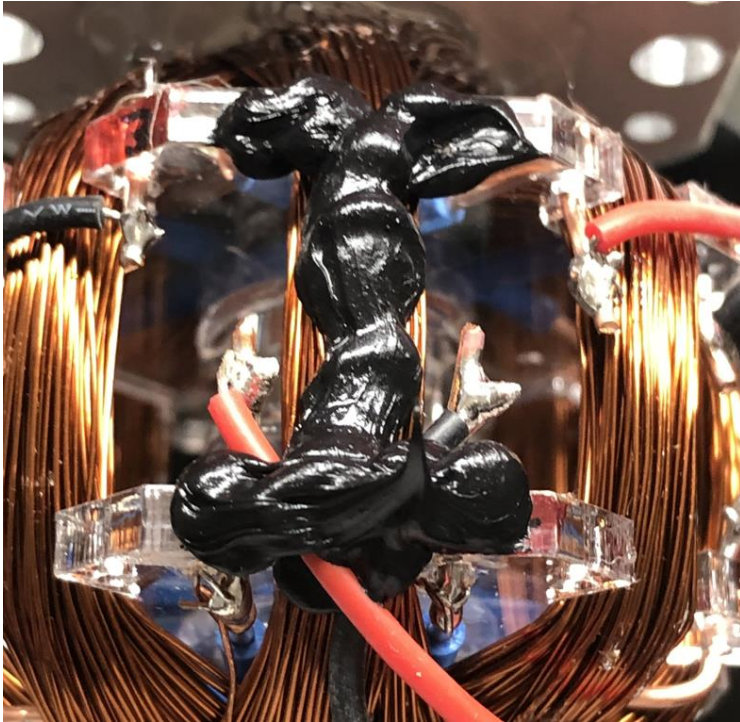
An die Brückenenden lötet man dann die Solarzellen. Alle nach demselben Schema:

links die roten, rechts die schwarzen Kabel der Solarzelle...



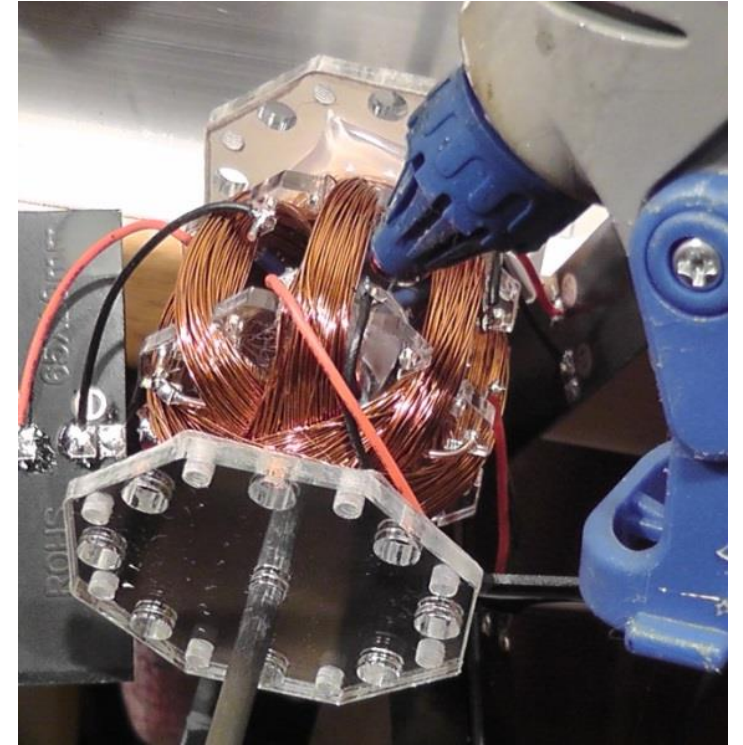
Man entfernt nun die Schutzfolien
Der Solarzellen und die der
doppelseitigen Klebestreifen.

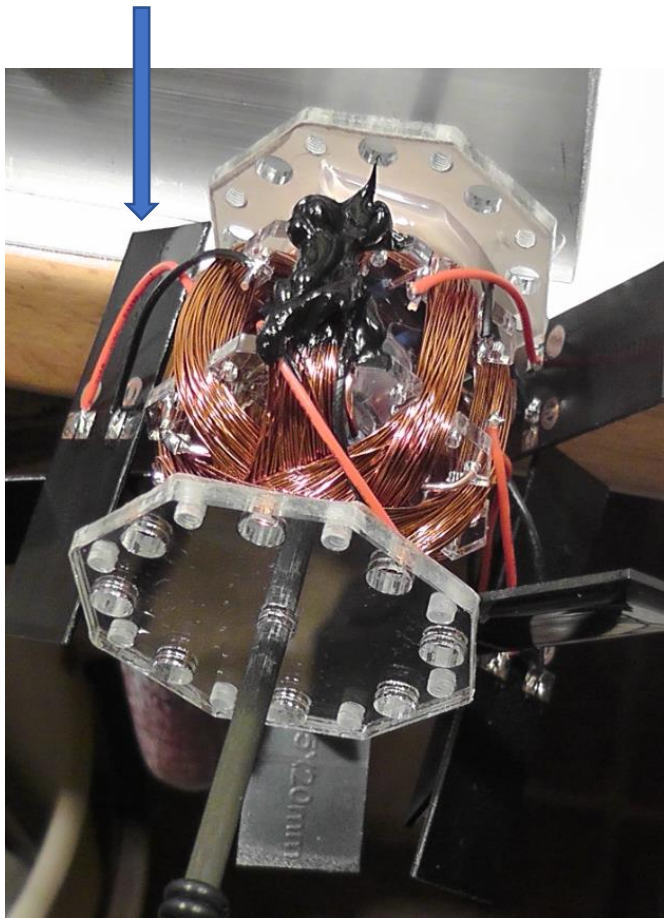




Entweder verwendet man zum Festsetzen der Solarzellen ein gutes Polster Heißkleber oder (wie hier: Sikaflex 252 **schwarz**, - laut einer Kundeninformation soll weißes Sikaflex unschöne Effekte haben) einen alternativen Kleber. Meine Erfahrungen mit anderen Klebern oder Silikon waren ähnlich gut. Ich verwende Sikaflex auch an anderer Stelle. So hatte ich Sikaflex stets zur Verfügung und deshalb fiel meine Wahl darauf. Es ist manches möglich. Den Kleber trägt man auf die Kanten der Wicklungsaufnahmen (nicht auf die Rotorwände!) **und** auf den Draht auf.

Manche Heißkleber werden nicht auf 195 Grad Temperatur beschränkt oder die Temperaturregelung ist defekt. Sicher ist es, wenn man den Heißkleber erst ca. 10 Sekunden abkühlen lässt bevor man die Solarzelle aufsetzt. Bei zu starker Hitze könnten kleine helle Flecken auf den Solarzellen entstehen.

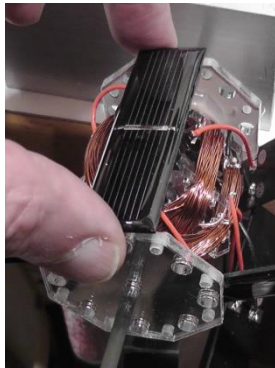




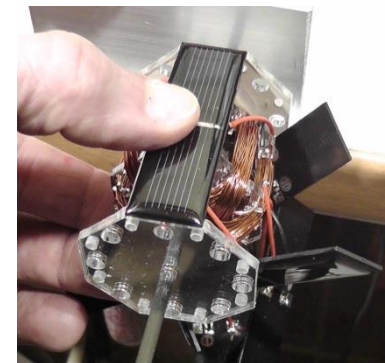
...noch mal das Bild...

Die mit dem Pfeil markierte Solarzelle wird nun auf dem Feld mit dem schwarzen Kleber, **also im nächsten Feld**, verklebt.

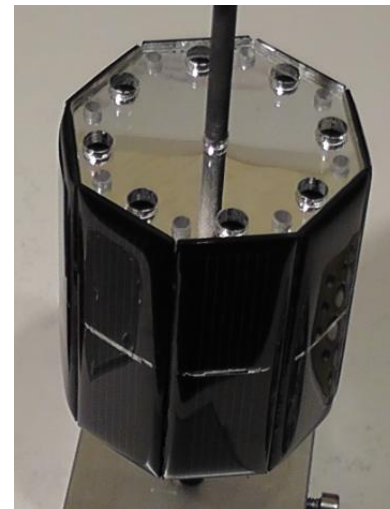
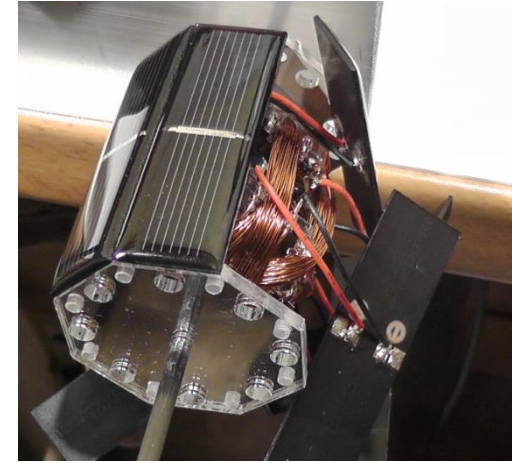
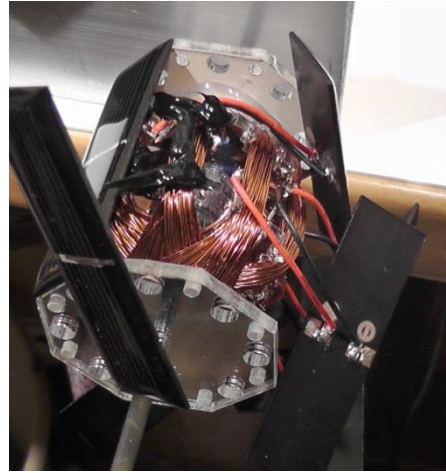
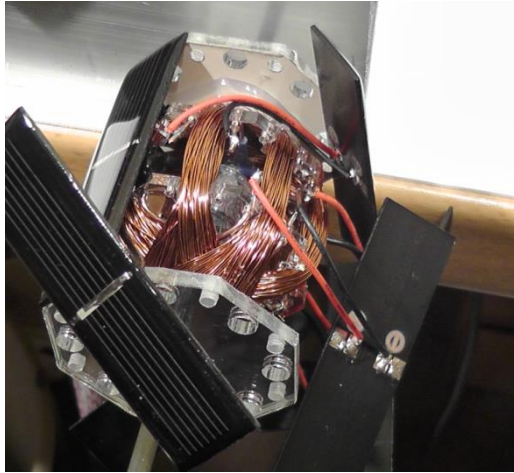
Die Verklebung in den nächsten Feld hat einen Sinn. In unseren Breitengraden scheint die Sonne nicht direkt von oben sondern in einen variablen Winkel von der Seite. Durch die versetzte Anbringung der Solarzelle hat die durch sie induzierte Spule die effektivere Stellung im Magnetfeld gegenüber einer Anbringung im gleichen Feld. Auch der Betrieb des Motors mit einem Teelicht wird so erst möglich.

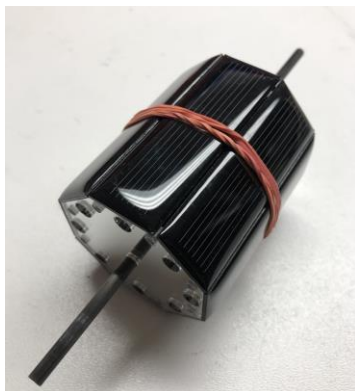


Etwas Gefühl braucht man beim Festsetzen der ersten Solarzelle damit sie mittig auf den Kantenflächen sitzt. Bei den nachfolgenden Solarzellen orientiert man sich meist an der vorhergehenden.

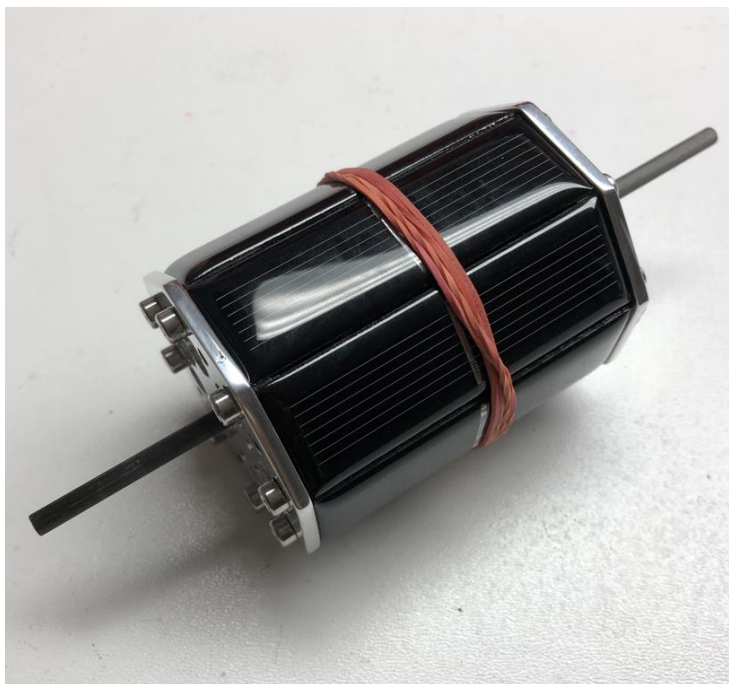


In diesen wiederkehrenden Schritten werden die Solarzellen verklebt.





Ich sichere die Verklebung mit zwei Gummiringen ab. Grund dafür ist eine leidige Erfahrung, bei der sich eine Solarzelle im Klebebett gelöst hatte und dann in der falschen Lage fest wurde.

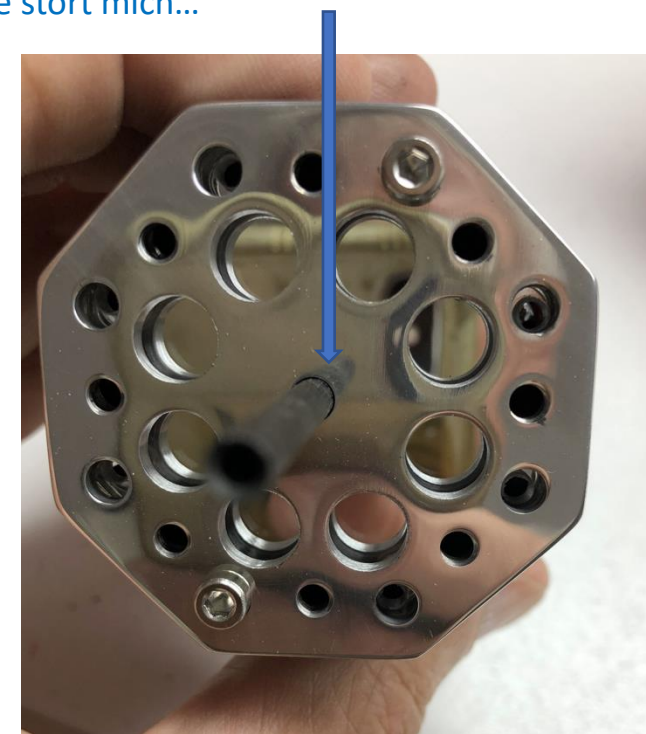


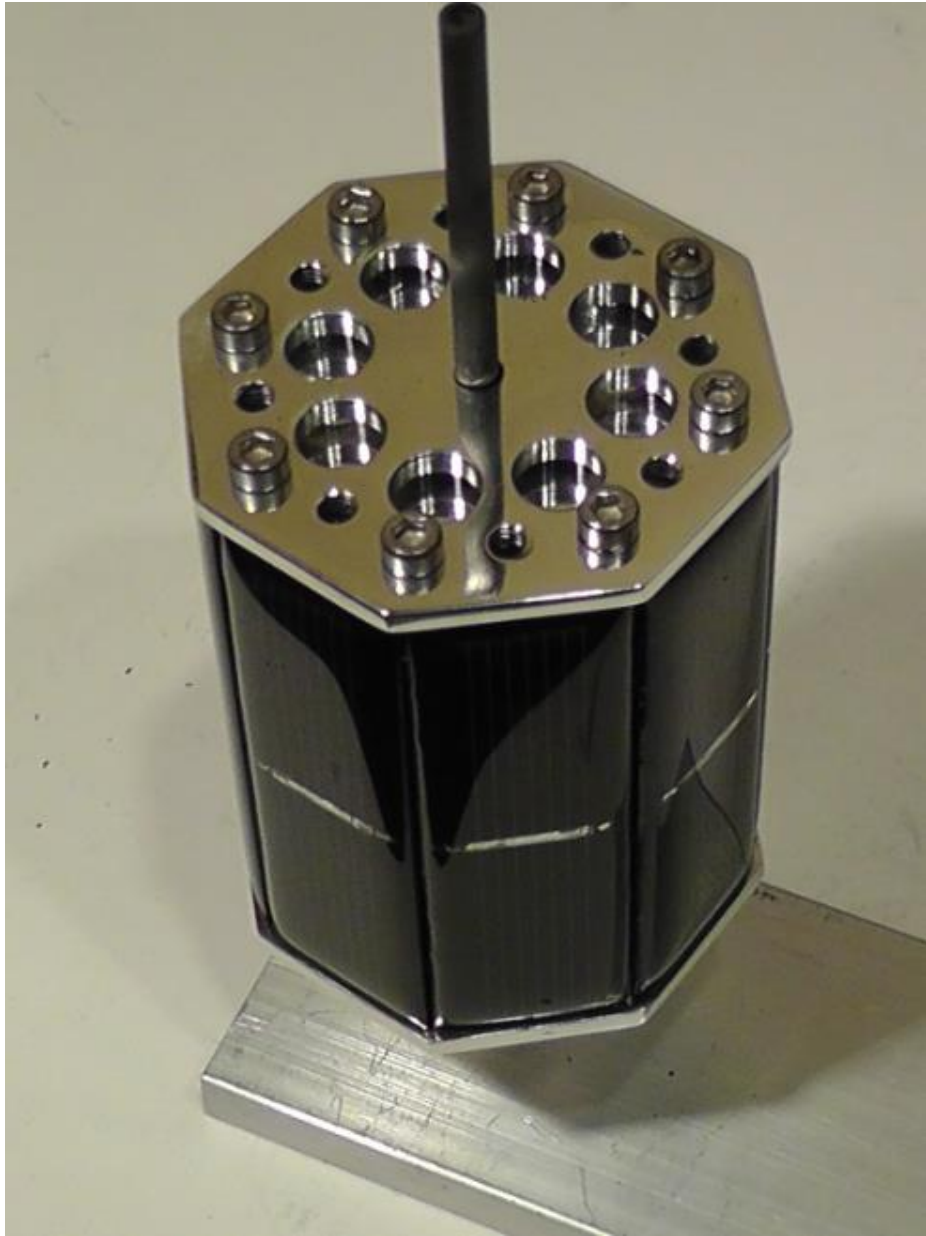
Achten Sie hierbei darauf, dass die Schrauben nicht zu fest angezogen werden, damit die Gewinde im Acryl nicht zerstört werden.

Bei Klebern mit Trocknungszeit verschraube ich die Rosetten sofort. Nach der vollständigen Verschraubung lasse ich den Kleber über Nacht aushärten.

Sicherlich gibt es unter den Bastlern auch mir ähnliche Menschen mit dem Hang zur Perfektion. Da das Mittelloch der Rosette auf alle Achsen passen muss – auch auf die mit geringem Übermaß – hat dieses Loch einen Durchmesser von 4,1 mm. Meistens entsteht ein Spalt zwischen Achse und Rosette. Dieses Maß versuche ich nach allen Seiten gleich zu halten. Deshalb schraube ich zunächst nur zwei Schrauben mit ganz geringem Anzugsmoment ein und richte die Rosette aus.

Für das Auswuchten ist diese Maßnahme völlig unerheblich, aber bei den runden Rosetten meine ich eine exzentrische Lage beim Laufen sehen zu können – und sie stört mich...





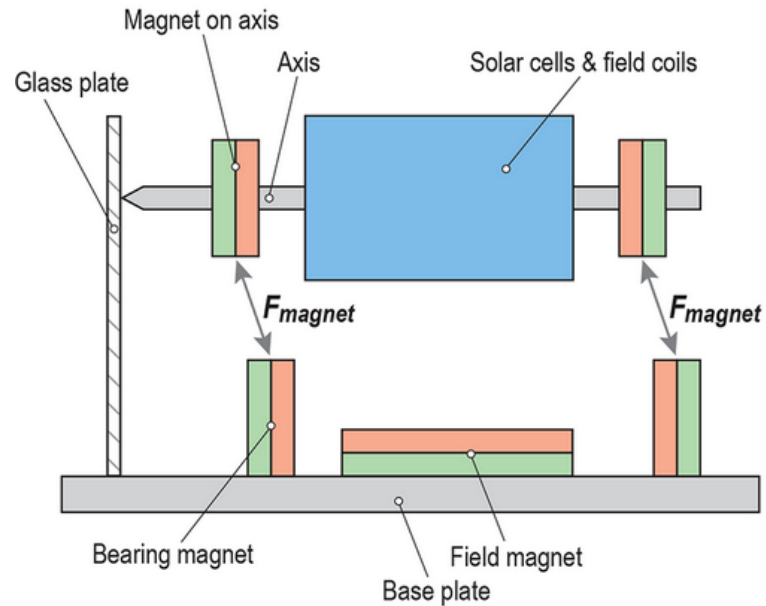
... wieder so ein Tipp, der letztlich in seiner Bedeutung unwesentlich ist, aber der Perfektion einen Schritt näher kommt.

In den folgenden Schritten wird das Gestell montiert. Durch die Vormontage in meinem Haus ist der **Basismagnet** mit seinen Nord-Süd Ausrichtung bereits festgelegt.

Die Nord-Süd Ausrichtung der **Trägermagnete** F_{magnet} und die dann daraus folgernde Ausrichtung der **Ringmagnete** auf den Achsen kann man jedoch noch frei wählen. An der Wahl scheitert das Projekt nicht.

Dennoch ist es geringfügig besser die Magnete in der abgebildeten Weise zu montieren. Man überzeugt sich vor dem Befestigen der Magnetträger, ob sie sich auf der dem Basismagneten zugewandten Seite von ihm abstoßen.

Bei einer Montage ohne Basismagneten habe ich mal ganz verduzt betrachtet, dass sich ein gut ausgewuchteter Motor auch ohne den Basismagneten (langsam) drehte. Offensichtlich entsteht auch ohne den Basismagnet eine Kraft, die der Basismagnet bei ungünstiger Nord-Süd Ausrichtung überwinden müsste.



Teil 2: Bau des Gestells Serie X



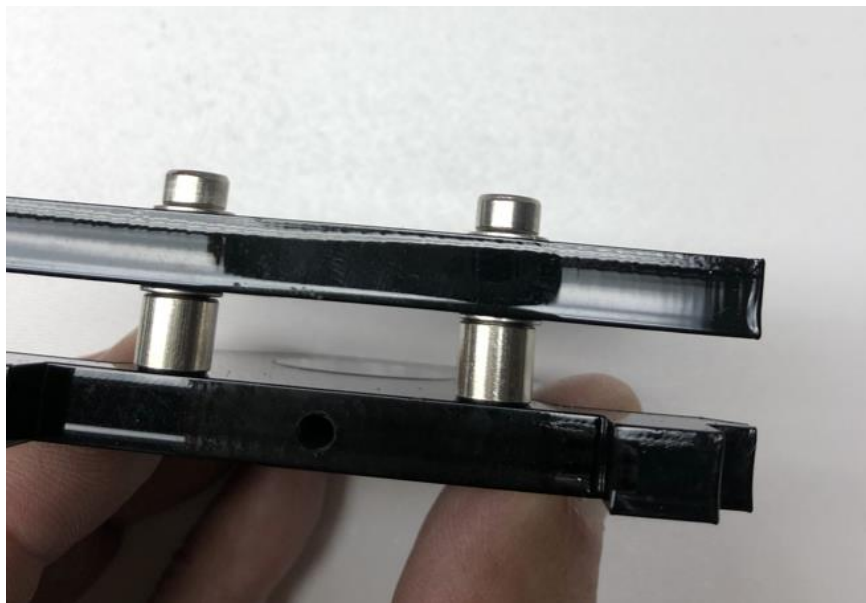
Ein Tipp für Detailverliebte:
Die Unterlegscheiben haben eine Schokoladenseite, die man als die sichtbare Seite montieren sollte.



Der Aufbau des Gestells ist aufgrund der vorbereiteten Bauteile einfach und logisch.
Bei den Acrylteilen muss man zunächst die Schutzfolie entfernen.

Die Anschlagswand hat schon eingeklebte Spiegelronden. **Eine Spiegelrunde ist ohne Schutzfolie.** Das ist die Seite, auf der eine Borosilikatglasscheibe aufgeklebt wurde. Diese Seite sollte so montiert werden, dass die Achse auf ihr drehen kann.

Die Glasscheibe verhindert ein Einlaufen der Kugel in den Spiegel. Wenn man die Kugel ab und zu mit Öl benetzt pflegt man die Glasscheibe.



Ein Tipp für Detailverliebte:

Mit der Verwendung von zwei Unterlegscheiben, vor und hinter dem Magnethalter, bewirkt man, dass die Schraube plan mit der Rückseite der Anschlagwand abschließt



Die Verschraubung der Halter durch die Unterseite und das Anbringen der Gerätefüße schließen der Bau des Gestells ab.



Teil 3: Bau des Gestells der Serien **O** und **P**



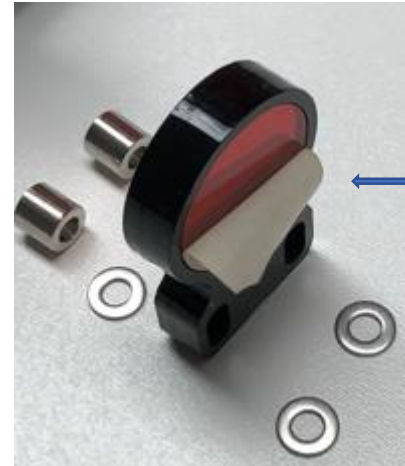
Der Aufbau des Gestells der Serien O und P sind aufgrund der vorbereiteten Bauteile einfach und nahezu gleich.

Bei den Acrylteilen muss man zunächst die Schutzfolie entfernen.



Die Gerätefüße finden ihren Platz auf der Ebene am Ende der Magnethalter.

Die fixierenden Inbusschrauben bilden auf der Unterseite eine Linie.

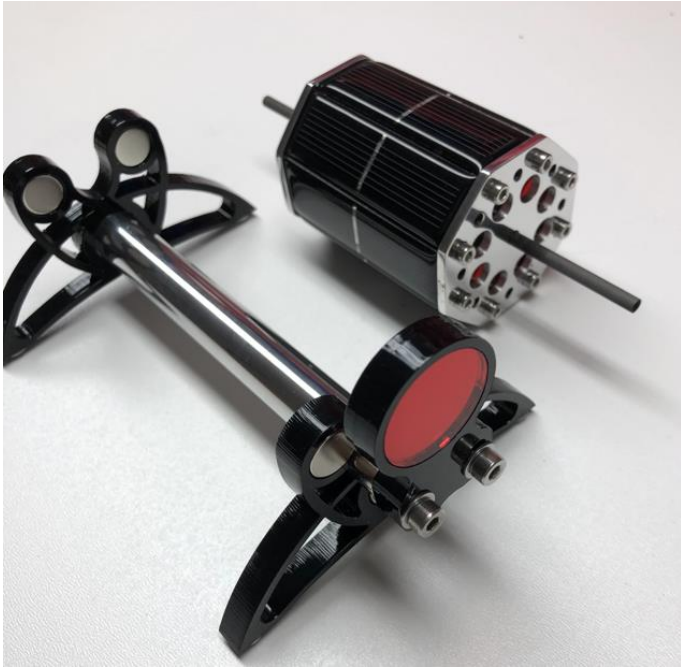


Seite ohne Glasscheibe

Die Anschlagswand hat schon eingeklebte Spiegelronden. Eine Spiegelrunde ist **ohne** Schutzfolie. Das ist die Seite, auf der eine Borosilikatglasscheibe aufgeklebt wurde. Diese Seite sollte so montiert werden, dass die Achse auf ihr drehen kann.

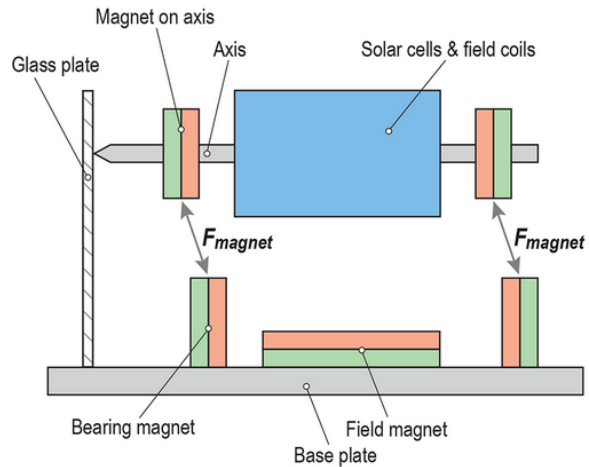
Die Glasscheibe verhindert ein Einlaufen der Kugel in den Spiegel. Wenn man die Kugel ab und mit Öl benetzt pflegt man die Glasscheibe.

Die Gerätefüße sind hier nicht abgebildet, müssen aber unter das Gestell geklebt werden.



Die Hochzeit ist vorbereitet..

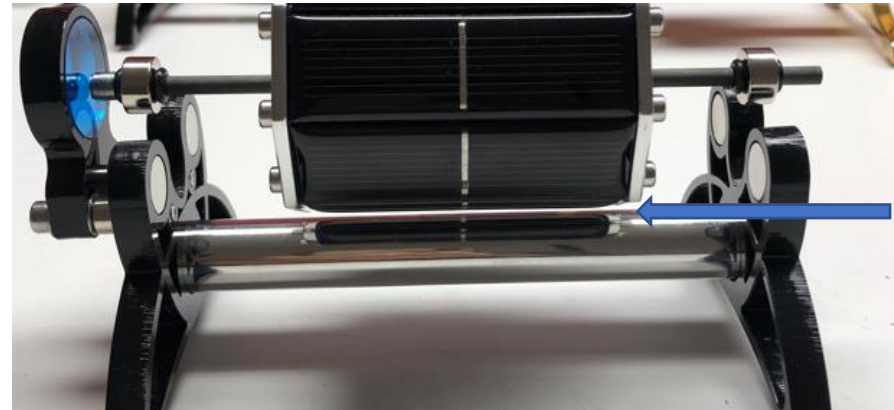
4. Einpassen des Rotors in das Gestell



Nach dem Earnshaw Theorem kann ein Körper nicht im Permanentmagnetfeld frei schweben. Deshalb muss der Rotor durch die Feldkraft (F_{magnet}) gegen die Anschlagwand gedrückt werden.

Mit Hilfe der O-Ringe kann man die Magneten so positionieren, dass

- die Umkehrkraft in etwa 2 mm Abstand der Kugel von der Anschlagwand einsetzt
- der Rotor waagrecht im Magnetfeld liegt.



Dieses Spaltmaß gibt eine gute Orientierung

Bevor man sich an das Auswuchten begibt **muss** man die Magneten mit einem Tropfen Sekundenkleber **festsetzen**.

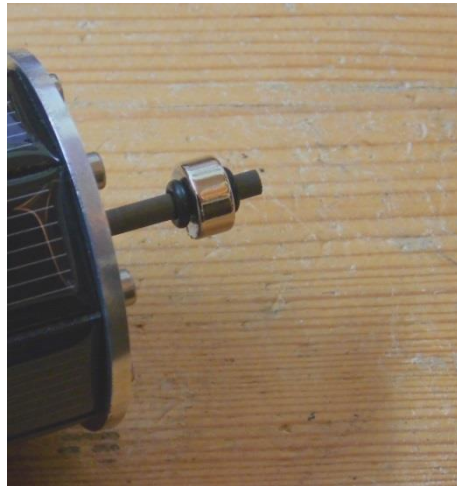
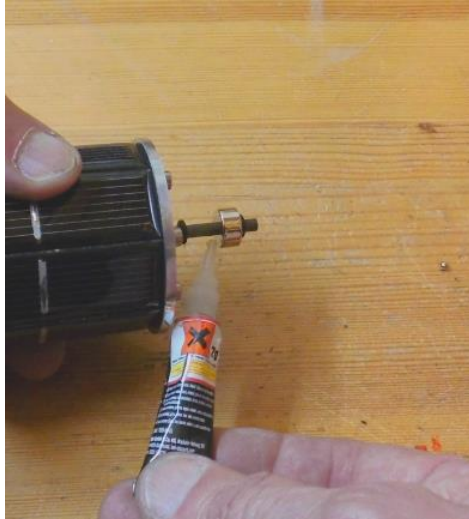
Die Ringmagneten haben ein etwa 1/10 mm größeres Loch als der Durchmesser der GfK Achse. So kann der etwa 100 Gramm schwere Rotor diese 1 /10 mm während einer Drehung in dem Loch hin und her wandern. Eine Auswuchtung in der geforderten Güte ist so unmöglich.



Voraussetzung: Der Rotor ist in das Magnetfeld des Gestells eingepasst und die O-Ringe halten die Magnet in einer eindeutigen Position.

Dann geht man wie folgt vor:

1. Kugel ablegen
2. inneren O-Ring mit dem Magneten nach hinten schieben. Den Magneten wieder gegen den anderen O-Ring schieben. Den Rotor schräg halten, dass der Magnet gegen den äußeren O-Ring positioniert bleibt.
3. einen kleinen Tropfen Sekundenkleber an den Spalt zwischen Achse und Magnetöffnung geben. (Die Kapillarkraft verteilt den Sekundenkleber ideal)
4. Einige Sekunden warten.
5. O-Ring wieder an den Magneten schieben
6. Schritte 2 - 5 auf den anderen Magneten anwenden





Der Kugelsitz hat das Zentrieren der Kugel als Aufgabe.

Das Fräsen des Kugelbettes wurde in diesem Bild überdeutlich ausgeführt. Man kann das Kugelbett aber von dem geraden Abschnitt gut unterscheiden.

Den Kugelzentrierer kann man nicht von der Magnetkraft anziehen lassen (er ist neuerdings aus Edelstahl) und muss ihn mit einen kleinen Tropfen Sekundenkleber befestigen, den man auf der Achse aufbringt. Die Kapillarwirkung verteilt dem Sekundenkleber perfekt.



Teil 5: Das Auswuchten

5.1 Das statische Auswuchten



Das Auswuchten wird mit den Inbus-Gewindestiften M4 bewerkstelligt. In den Spiegelachtecken sind M4 Gewindegänge eingefräst, in die man ggf. Schrauben eindrehen kann.

Der Rotor muss sich nach jedem Versuch wieder im Magnetfeld ausrichten. Die leichtere Seite steht dann immer oben. Dort werden dann Inbus-Gewindestifte eingeschraubt. Je schneller die Umkehrbeschleunigung ausfällt, umso größer sind die Gewichte, die man einschrauben muss.

Zunächst muss man auf beiden Rotorwänden dieselben Gewichte einschrauben, falls man eine Unwucht vorfindet.

Ein Patentrezept gibt es nicht – nur den Grundsatz, dass man oben in den ruhenden Rotor Ausgleichsgewichte einschrauben muss, bis er ohne Beschleunigung innerhalb einer Umdrehung läuft.

Ein Rotor sollte bei einer Geschwindigkeit von einer halben Umdrehung/Sekunde nur eine kaum wahrnehmbare Beschleunigung innerhalb einer Umdrehung aufweisen.

<https://www.youtube.com/watch?v=F3BFijl6z8E>

Erst wenn man diese Form der Unwucht – die statische Unwucht – beseitigt hat, kann man sich nun mit der dynamischen Unwucht beschäftigen.

Die Inbus-Gewindestifte sollten bei allen Versuchen während der dynamischen Auswuchtung gut **ein Drittel** ihrer Länge aus dem Gewindeloch **herausragen**. So entsteht durch die Fliehkraft ein Kippmoment, das die Inbus-Gewindestifte nicht schwingen lässt. Beachtet man diesen Rat nicht und schraubt die kurzen Gewindestifte (3mm – 5 mm) bündig in die Gewindelöcher, so können sich die Gewindestifte heraus- oder schlimmstenfalls in den Rotor hineinvibrieren.

5.2 Das dynamische Auswuchten

Definition Lochpaar: Je ein Gewindeloch eines Spiegelachtecks bildet mit dem entsprechenden Gewindeloch des anderen Spiegelachtecks ein Lochpaar. (z.B. die beiden Gewindelöcher, die - jedes in seinem Spiegelachteck – am höchsten liegen, sind ein solches Lochpaar)

Mit der statischen Auswuchtung weiß man jetzt, in welchem Lochpaar Gewichte angebracht werden müssen und wie groß deren Gesamtmasse je Lochpaar sein muss.

Läuft dem Motor nach dem Überwinden der Schwingungsresonanz immer noch unruhig und wird mit zunehmender Drehzahl unruhiger, dann muss man die Gewichte von der einen zur anderen Seite wandern lassen. (trail and error – Versuch und Irrtum)

Beispiel: Aus zwei 6 mm langen Inbusschrauben gestaltet man nun eine 4 mm lange und eine 8 mm lange Schraube. Die Masse ist dann insgesamt gleich geblieben, aber anders verteilt. Auch hier muss man ausprobieren. Man kann aber meist die Tendenz erkennen, ob die Maßnahme sich positiv oder negativ ausgewirkt hat.

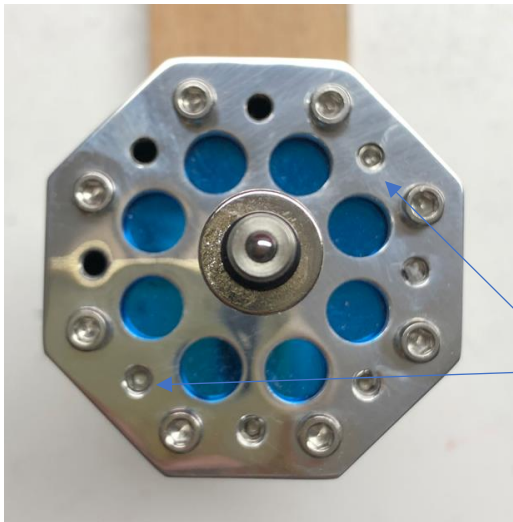
Sollte ein Motor erst in hohen Drehzahlen anfangen zu schwingen, dann beginnt die Suche nach einer sekundären dynamischen Unwucht. Sie ist deutlich geringer als die primäre. Man gleicht sie aus, indem man in ein Spiegelachteck – 90 Grad versetzt zum hauptsächlichsten Ausgleichsgewicht – ein 2 oder 3 mm Inbusschraube einsetzt und in das andere Spiegelachteck auf der gegenüberliegenden Seite dasselbe Gewicht einschraubt. Leider muss man auch hier probieren.

Ein anderer Weg ist bisweilen ebenso erfolgreich. Nach dem Erreichen eines relativ guten statischen Gleichgewichts verändert man nur noch die Gewichte an der Anschlagseite. Man verändert das statische Gleichgewicht wieder. Wenn die Kugel bei höheren Drehzahlen nicht mehr „tanzt“, dann stellt man das statische Gleichgewicht wieder her, indem man nur noch auf der freien Seite die Gewichte bis zum statischen Gleichgewicht ändert.

Das Auswuchten geht leider nur über das Ausprobieren. Versuche mit renommierten Firmen und mit begabten Tüftlern eine Auswuchtapparatur zu entwerfen sind leider gescheitert.

Als Zeichen für einen gut ausgewuchteten Motor dient mir ein großes Teelicht. (Das klappt nur auf einer Seite – welche es ist, bestimmt die gewählte Magnetausrichtung)

Sehen Sie auch das Youtube Video: <https://www.youtube.com/watch?v=F3BF1jI6z8E>



Wenn man beim Auswuchten noch kleinere Gewichte braucht, als die kürzeste 3 mm Inbusschraube, dann kann man die Differenzmethode anwenden.

Auf der einen Seite eine z.B. 6 mm Schraube einlassen und auf der gegenüberliegenden Seite eine 5 mm Schraube. Die Differenz liegt bei 3-4 Hundertstel Gramm.



Wichtig! Die Gewichtsschrauben müssen abschließend verklebt werden, damit sie sich nicht aus dem Gewindeloch heraus- oder in den Motor hineinvibrieren.

Unser Tipp:

Man dreht den Gewindestift etwas aus dem Loch heraus. Dann gibt man etwas Heißkleber auf des Schraubengewinde und dreht den Gewindestift bündig ein. Nach etwa 10 Sekunden kann man den überschüssigen Kleber mit dem Fingernagel leicht entfernen.

Das ist eine zuverlässige und saubere Methode und die Gewindestifte lassen sich leicht wieder herausdrehen.

Zudem entstehen durch den Heißkleber keine Spannungsrisse wie bei anderen Gewindelacken.



Wir wünschen Ihnen gutes Gelingen.