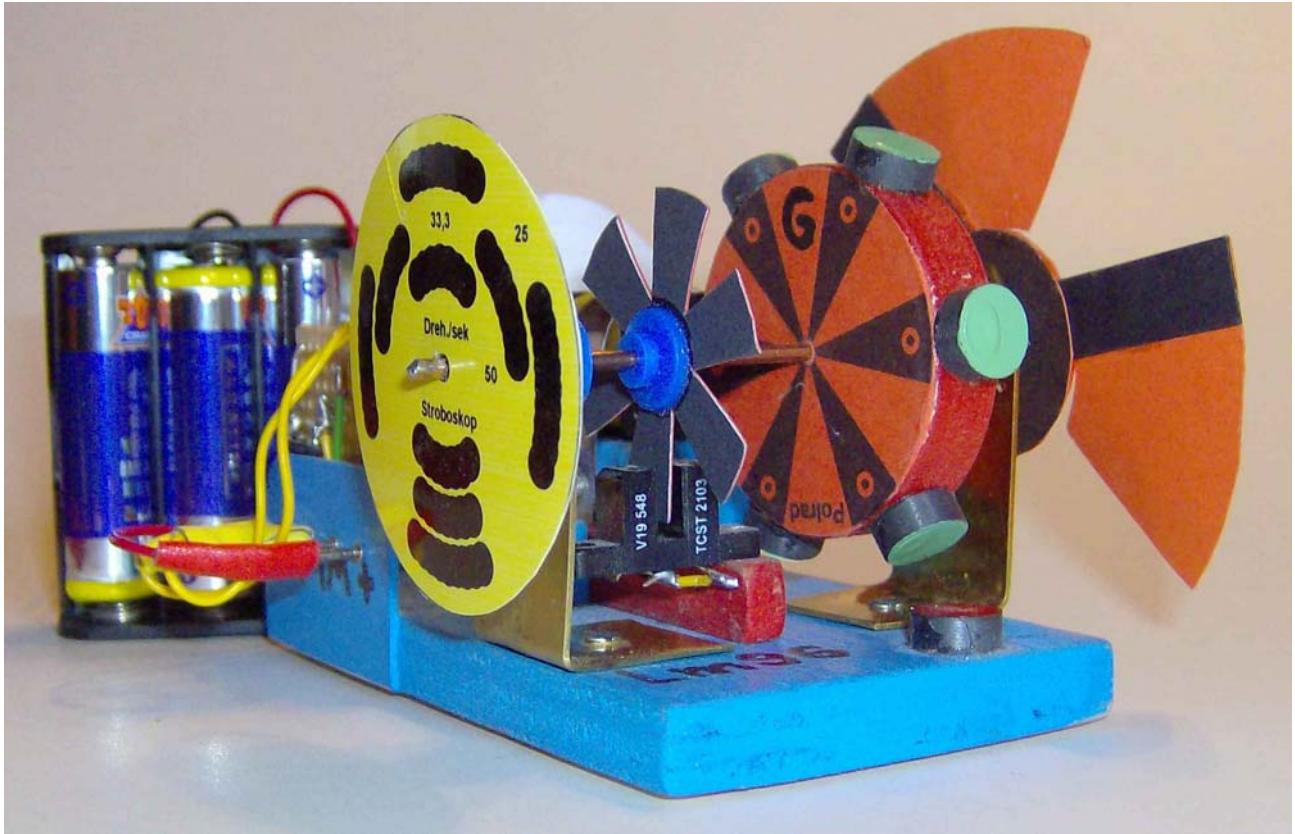


Der Lichtschrankenmotor Lm96

Ein Projekt der Elektronik-AG. der Realschule-Fockbek

Version: 15.03.2010 Die Datei wird laufend aktualisiert, mailto: motec@web.de

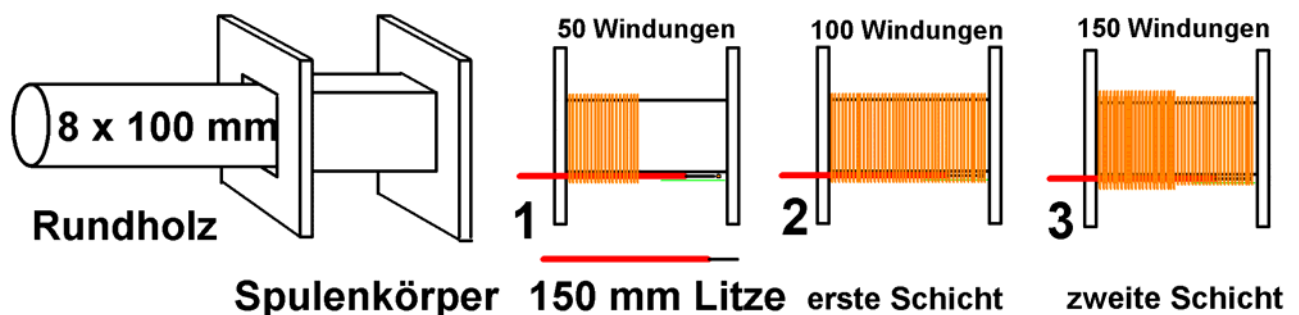


Der Lichtschrankenmotor beruht darauf, dass ein **Elektromagnet** im richtigen Moment ein- und ausgeschaltet wird. Hierfür benutzten wir früher ein Schaltrad mit Kontaktfeder, aber die Ergebnisse waren wegen der Schaltfunken und der Reibungsverluste meist unbefriedigend. Die **Gabel-Lichtschranke** ermöglicht ein **kontaktfreies Schalten**. Sie wird auf einen **Stellstab** geschraubt und lässt sich unter dem Schaltstern bewegen. So wird der **Zeitpunkt** des Schaltens verändert und die **Drehzahl des Rotors optimiert**. Er besteht aus einem Holzrad mit **6 Permanentmagneten** und einem **Schaltstern**, der den Infrarotstrahl unterbricht. Die Magnetspule wird auf einem fertigen Spulenkörper selbst gewickelt und mit einem **Fertigkern** bestückt. Die Drehzahl des Motors lässt sich mit einer **Stroboskopscheibe** einstellen und optimieren. Die „**Zunge**“ am Ende des Elektromagneten veranschaulicht die Magnetkräfte (Zittern, Töne). Eine Membrane erhöht die Lautstärke. Das **Windrad** demonstriert die „Kraft“ des Motors. Ohne Windrad kann der Motor über **50 Umdrehungen in der Sekunde** erreichen, mit Windrad etwa $n = 35$. Er kann als **Kühlgebläse** für kleine Elektronikeinheiten dienen. Durch einen „**Startmagneten**“ wird erreicht, dass der Motor beim Einschalten des Stromes **von selbst anläuft**. Als **Spannungsversorgung** dienen **3 Mignonzellen (4,5 Volt)** oder **4 Akkuzellen (4,8 Volt)**.

Arbeitsbögen für die Teilnehmer.

Bauausführung in 14 Schritten:

1. Beginne mit dem „**Kernstück**“ des Motors, dem **Elektromagneten**. Benutze dafür den **Spulenkörper** und den **0,3 mm Kupferlackdraht**. Schneide **2 Anschlusslitzen** (150 mm, gelb) ab und verzinne die abisolierten Enden (4 mm). Kratze die Lackschicht 10 mm vom Ende des Kupferlackdrahtes **sorgfältig ab** und wickele sie um das Ende der Litze. „**Bette**“ sie in Lötzinn ein und isoliere die Lötstelle mit **Malerklebeband**. Schiebe nun die Litze von innen nach außen durch den Spulenkörper.

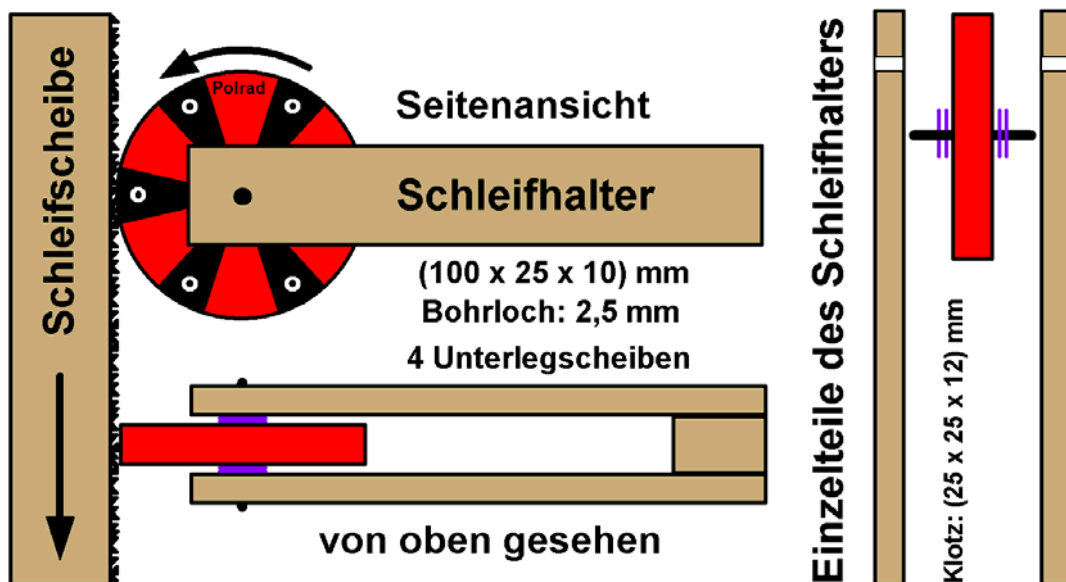


2. Schiebe den Spulenkörper auf ein 8 mm-Rundholz und beginne planvoll den Draht aufzuwickeln: **4 Lagen zu je 100 Windungen**. Teile nach „**Augenmaß**“ den Wickelraum in 2 Teile und bringe die **ersten 50 Windungen bis zur Mitte hin** auf (Bild 1 - 3). Dann folgen die nächsten 50 Windungen und die erste Schicht ist fertig. Die Windungen müssen nicht genau nebeneinander liegen, aber der „**Wickelplan**“ erleichtert das Zählen. Löte nach 400 Windungen die zweite Anschlusslitze an und lege außen zum **Schutz der Wicklung** eine Lage gelbes Tesaband herum. Schreibe den gemessenen Widerstandswert (**etwa 5 Ohm**) darauf. Klebe den Eisenkern mit Alleskleber „**mittig**“ in der Spule fest. Drücke einen **Zahnstocher** zwischen Eisenkern und Spulenkörper, um den Eisenkern in der Trockenphase festzusetzen. **Verdrille** die Anschlussleitungen und löte **Steckschuhe** an die Enden.

Test: Halte den Elektromagnet in ein **Kästchen mit Nägeln** und schließe die Batterie an (Steckschuhe anlöten, Steckstiftverbindung). **Die Magnetkraft ist stark!!!** Nach dem Unterbrechen des Stromkreises bleibt noch ein geringer **Restmagnetismus** übrig, der durch „**Klopfen**“ verschwindet.

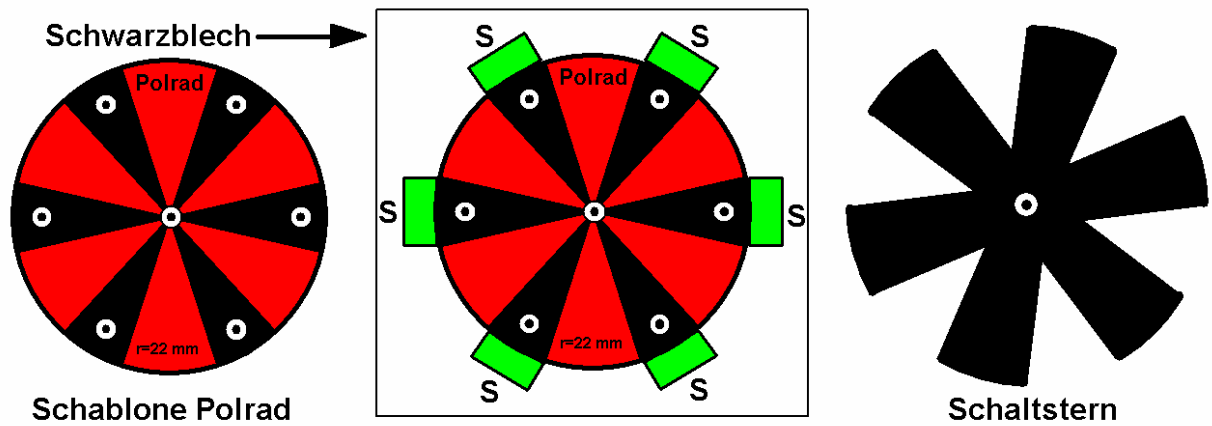
3. Säge das **Grundbrett** nach der Schablone aus. Markiere die Eckpunkte der Bauteile und die Bohrlöcher mit einem Vorstecher auf dem Grundbrett. Leime an Hand der Punkte den **Unterbau** und die **2 Führungsleisten** an. Schneide die Anschlussplatte (1,5 mm- Sperrholz) aus, bohre die 1 mm-Löcher für die Stifte und leime die Platte hinten seitlich an. Streiche das Werkstück mit einer **Grundfarbe** an.

4. Säge für den **Bau des Polrades** aus einer **10 mm-Sperrholzplatte** eine **Scheibe mit dem Radius 24 mm aus**. (Du kannst auch ein Buchenrad von 50 mm Durchmesser benutzen, dessen Bohrung bündig mit einem 4 mm-Rundholz verschlossen wurde). Klebe die Schablone „Polrad“ **genau mittig** auf das Rad und stich mit einem Vorstecher den Mittelpunkt ein. Bohre durch den Mittelpunkt des Polrades **senkrecht** ein 2 mm-Bohrloch. Lege dafür die Scheibe **direkt** auf den Bohrtisch über das Loch in der Mitte. Setze zum Schleifen einen verkupferten Eisendraht von 2 mm Durchmesser und 30 mm Länge als **Kurzachse** ein (später 80 mm).
5. Schleife nun das Rad mit dem Schleifhalter auf einer Schleifscheibe ab. Stecke die **Kurzachse** durch die **2,5 mm-Bohrlöcher** und lege je zwei **Unterlegscheiben** dazwischen, damit das Polrad nicht beschädigt wird. Das **Rad muss „rollen“**, damit es völlig rund wird, sonst entsteht eine **Unwucht**, die später den Motor beim Lauf „rütteln“ lässt. Vorsicht! Drücke das Polrad nur **ganz leicht** an die Schleifscheibe!



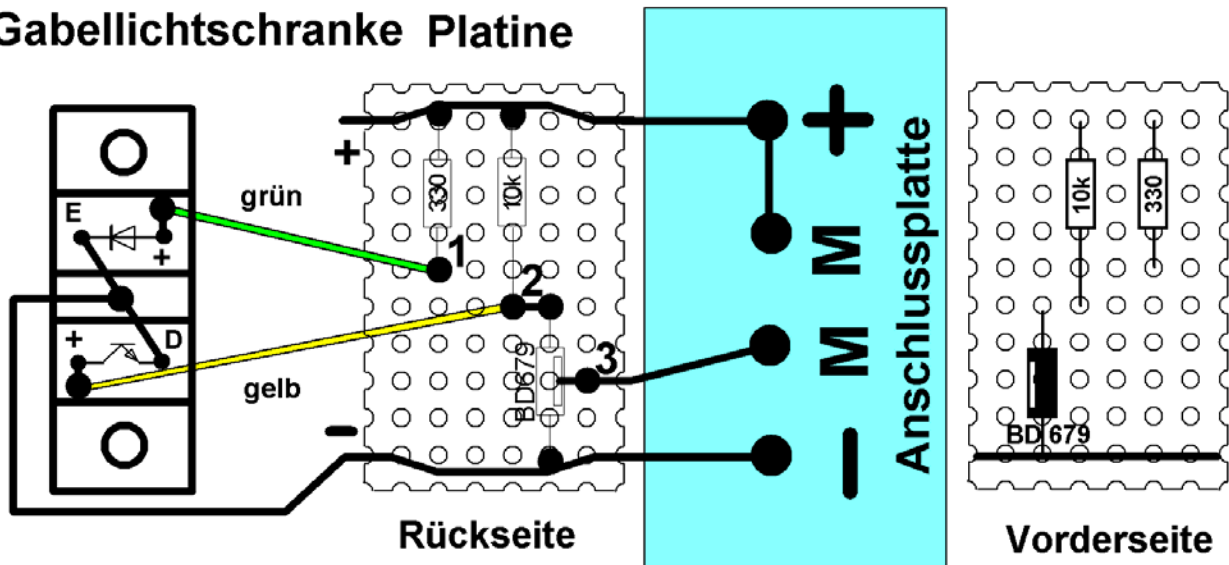
Test: Drehe das Rad und beobachte, ob es **ohne zu schwanken** („eiern“) gerade läuft. Kleine Ungenauigkeiten kannst du abschleifen, sonst starte einen zweiten Versuch!!! Das **Ergebnis muss einwandfrei sein, sonst läuft der Motor schlecht!!!**

6. Klebe mit Alleskleber die **6 Dauermagneten** an das Polrad. Sie müssen **genau** vor die **schwarzen Dreiecke** geklebt werden, sonst entsteht eine Unwucht. Lege eine **Schwarzblechplatte (60 x 60 mm)** unter, damit die **Abstoßungskraft** die Magneten beim Klebevorgang nicht auseinanderdrückt. Lege alle Magneten aufeinander und stelle fest, wo **der Nordpol** der Magneten liegt (mit Kompass testen). Klebe diese Seite auf das Polrad! So kommen die **Südpole nach außen**.



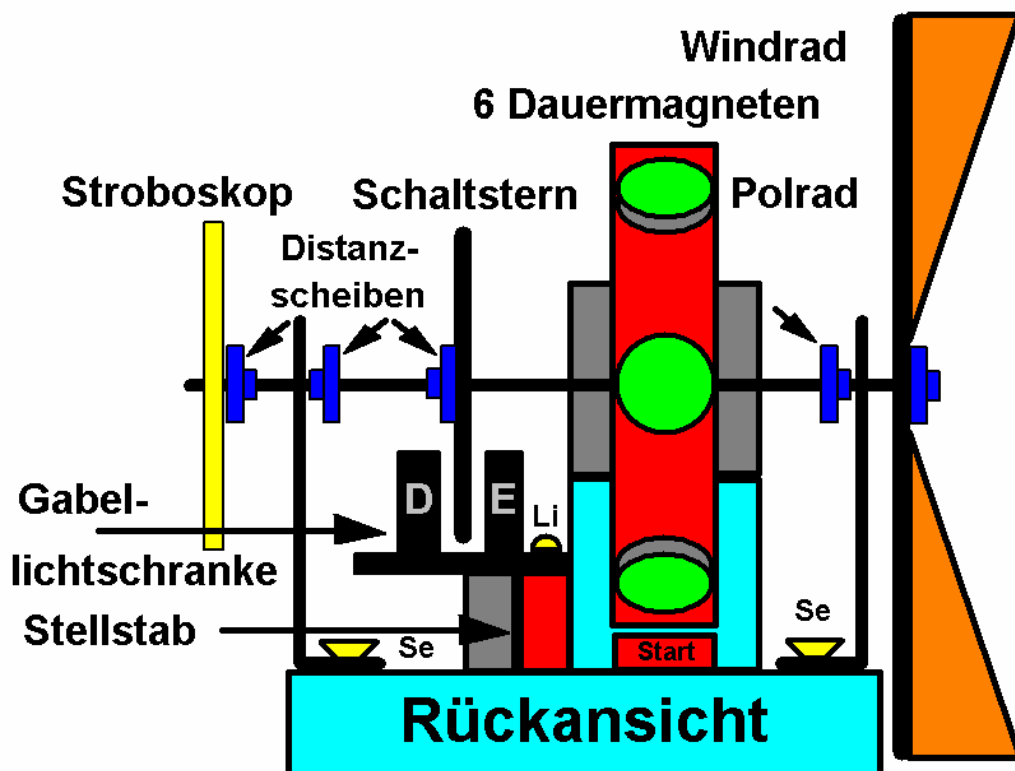
7. Die **Platine** enthält nur 3 Bauteile und kann deshalb sehr klein sein. Benutze das „Faltblatt“ (Schablonen) zum Einsetzen der Bauteile. Lege **Plusleitung** (50 x 0,8 mm) und **Minusleitung** (40 x 0,8 mm, Kupferdraht, versilbert) nach Plan ein. Die Drähte müssen etwas nach außen gebogen werden, damit die **Lochreihe** für die Anschlüsse der Bauteile **frei** ist. Setze nun die Bauteile ein (Vorderseite) und verlöte sie (Rückseite).

Gabellichtschranke Platine



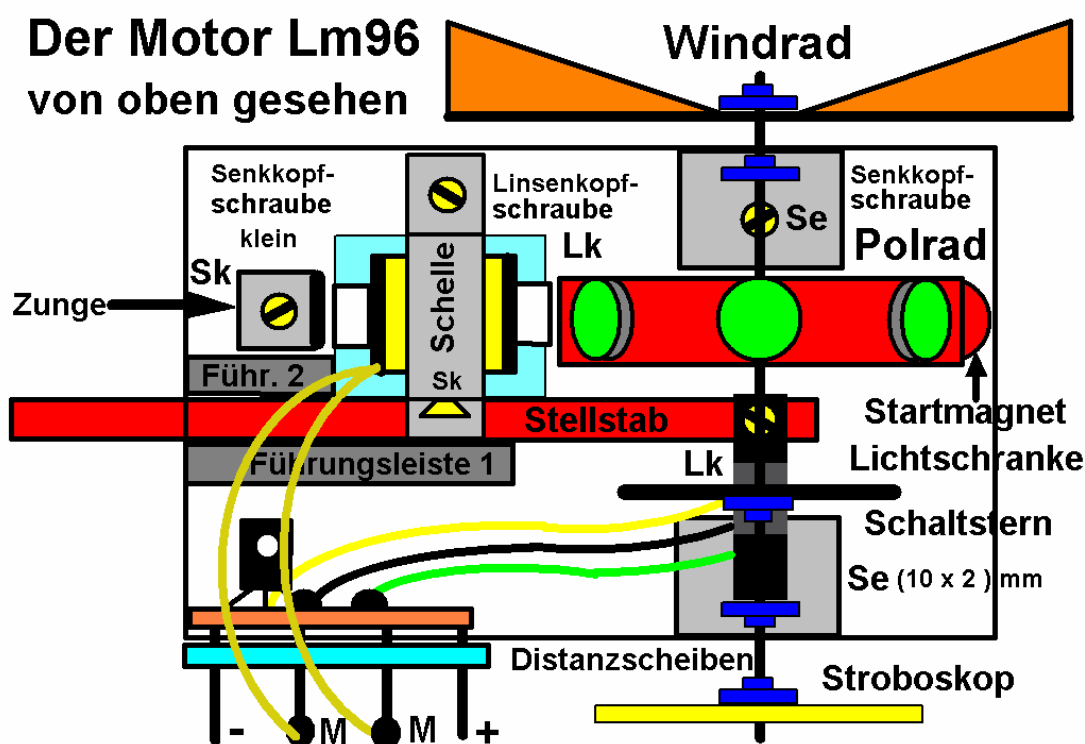
8. Die **Gabellichtschranke** enthält 2 Bauteile: **Sender** und **Empfänger**. Der **Sender** (Emitter = **E**) arbeitet ähnlich wie eine **Leuchtdiode**. Er sendet aber unsichtbares, **infrarotes Licht** aus. Dieses trifft auf den **Empfänger** (Fototransistor, Detektor = **D**), der dadurch stromdurchlässig wird (schaltet durch). Wird der **Lichtstrahl unterbrochen** (schwarzes Papier, Schaltstern) so sperrt der Fototransistor und der **Endtransistor** schaltet durch. Das Öffnen und Schließen des **Fototransistors steuert den Darlington -Transistor** und damit auch den Elektromagneten (Schaltbild an Ende).

Löte die **Lichtschanke** mit 100 mm-Litzen (Bild) an die entsprechenden **Lötpunkte der Platine: E** und **D** an die schwarze Litze, **+ über E** an grün und **+ über D** an gelb. Achte auf die **Farben und Anschlüsse**, sonst arbeitet die Schaltung nicht, oder der **Fototransistor wird zerstört**. Löte die anderen Leitungen (- ; **M; M; +**) an die Anschlussplatte. Löte **Steckschuhe** an die Anschlussleitungen des Batteriekästchens und umwickle sie mit Tesaband (Pluspol = rot; Minuspol = schwarz). Das Tesaband (quadratisches Stück abschneiden) wirkt als „**Knickschutz**“, damit die dünne Leitung nicht abreißt und als „**Berührungsschutz**“, damit kein **Kurzschluss** durch die Berührung der Steckschuhe entsteht!



- Der **Schaltstern** unterbricht den **Infrarotstrahl** der Lichtschranke. Schneide ihn aus der Schablone aus und klebe ihn auf schwarzen Fotokarton. Raue die flache Seite einer Distanzscheibe mit Sandpapier auf (dadurch erhält der Kleber eine größere Angriffsfläche) und schiebe sie auf die Achse des Polrades. Bestreiche die Scheibe mit Alleskleber, schiebe den Schaltstern auf die Achse und klebe ihn an der Scheibe fest. So erhält er einen **festen Sitz** auf der Achse, lässt sich aber (nach dem Trocknen) **noch drehen**. Schiebe nun auch das Polrad, die Stützen (siehe Schablonen) und die anderen Distanzscheiben auf die Achse. Mit ihnen wird das „**Spiel**“ des Rotors (drehender Teil des Motors) auf etwa 0,5 mm eingestellt. Schraube die Stützen mit den Senkkopfschrauben **Se** (2 x 10) mm auf dem Grundbrett fest.

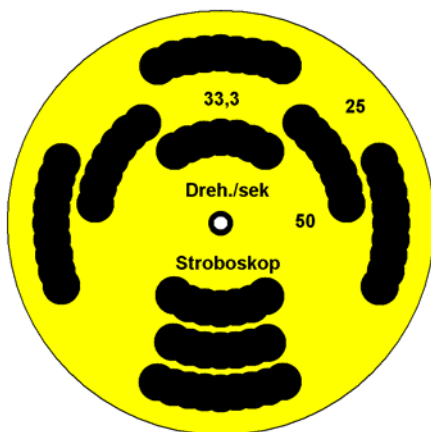
10. Befestige nun den **Elektromagneten** mit der **Schelle** auf dem **Unterbau**. Schiebe den **Stellstab** (100 x 10 x 5) mm zwischen die Führungsleisten und schraube die Schelle mit der kleinen Senkkopfschraube (**Sk**: 10 x 1,6) mm an. Die **Schelle drückt den Stab** nach unten. Du kannst den **Druck vergrößern**, indem du die Schelle etwas hinunterbiegst. Klebe unter diesen Teil der Schelle ein Stückchen **Leder** (10 x 4) mm, um das Gleiten zu verbessern. Der Stab muss sich **leicht verschieben** lassen. Schraube die „**Zunge**“ hinter den Elektromagneten. Achte darauf, dass sie frei schwingen kann und weder die Führungsleiste noch die Anschlusslitze berührt. Befestige die **Lichtschanke vorne am Stab** mit einer Linsenkopfschraube **Li** (12 x 2) mm, (1,5 mm- Bohrloch).



Test: Verbinde Plus- und Minusleitung des Batteriekästchens mit den Polen der Anschlussplatte und stecke die Steckschuhe des Elektromagneten auf **M; M**. Nun sollte der Motor laufen, sonst muss der Stellstab etwas verschoben werden. Es kommt darauf an, dass der Elektromagnet eingeschaltet wird, **kurz bevor** ein Magnet des Polrades das Vorderteil des Elektromagneten erreicht. Durch die Magnetkraft erhält das Polrad einen **Anstoß** („Kick“). Liegt die **Magnet vor dem Elektromagneten**, so muss er **ausgeschaltet** werden, sonst wird das Polrad gebremst. Du kannst mit der **eingebauten Zunge** prüfen, wie der **Schaltstern** den **Strom** für den **Elektromagneten ein - und ausschaltet**: Die Zunge zittert und erzeugt einen Ton. Wenn du die **Membrane** an die Zunge klebst wird der Ton noch **deutlich lauter**.

11. Schneide die **Stroboskopscheibe** aus der Schablone (Fotokarton) und befestige sie mit einer Distanzscheibe auf der Achse (wie Schaltstern). Wenn der Motor anläuft, siehst du bei **Lampenlicht**, wie die Punktereihen („Raupen“) eines Ringes **scheinbar rückwärts** laufen, dann scheinen sie **still zu stehen**, um schließlich **immer schneller vorwärts** zu laufen. Das Gleiche geschieht nacheinander mit allen Ringen.

Erklärung. Die Erscheinung beruht darauf, dass Glühlampen und besonders Leuchtstofflampen wegen des **Wechselstromes (50 Hertz)** etwas in ihrer **Helligkeit schwanken** (100-mal pro Sekunde).



Stroboskop für hohe Drehzahlen (bis $n = 50$), niedrige Drehzahlen ($n = 16,7$)

Beispiel: Der Ring $n = 25$ mit 4 „Raupen“ **steht still**. Läuft der Motor mit **25 Umdrehungen pro Sekunde**, so trifft die größte Helligkeit **immer auf die nächste Raupe** und der Ring scheint zu stehen. Ist die „Raupe“ **noch nicht** an der gleichen Stelle, so dreht sich der Ring scheinbar **rückwärts** (Drehzahl **unter** $n = 25$). Bei einer Drehzahl **über** $n = 25$ ist die „Raupe“ schon weiter und der Ring läuft **scheinbar vorwärts**. Durch Verschieben des Stellstabes kannst du die Drehzahl des Motors optimieren. Weil die **Helligkeitsschwankungen**, besonders bei Glühlampen, **sehr gering** sind, ist es schwierig, diesen „Stroboskop-Effekt“ **überhaupt zu sehen**. Darum versuche es zuerst mit „Leuchtstofflampenlicht“. Bei **Tageslicht** gibt es natürlich **keinen** „Stroboskop-Effekt“! Die zweite Scheibe ist für den **langsam laufenden Motor** gedacht. Mit der **Stroboskopscheibe** kannst Du den Motor auf **bestimmte Drehzahlen genau einstellen**.

13. Das **Windrad** erzeugt einen Luftstrom, der zur Kühlung eines kleinen Elektronik-Bauteils ausreicht. Schneide das Windrad aus und schneide es entlang der 3 weißen Linien auf. Knicke die 3 grauen Streifen nach hinten um und klebe sie fest. Klebe den **Kreis daruber** und befestige das Windrad mit einer Distanzscheibe (wie Schaltstern und Stroboskop). Biege die „gestreiften“ Flügel etwas nach vorne (Propellerwirkung).

14. **Der Lichtschrankenmotor läuft „von selbst“ an.** Stelle fest, ob der **Elektromagnet die Dauermagneten des Polrades anzieht oder abstößt**, wenn der Strom eingeschaltet ist (Die Zunge wird angezogen). **Pole die Anschlüsse des Elektromagneten um**, wenn er die Magneten des Polrades anzieht! Das „**Selbstanlaufen**“ funktioniert nur, wenn der **Elektromagnet die Dauermagneten des Polrades abstößt**. Für die Drehzahl ist es **gleichgültig**, ob das Polrad den „Kick“ als Anziehung oder Abstoßung erhält.

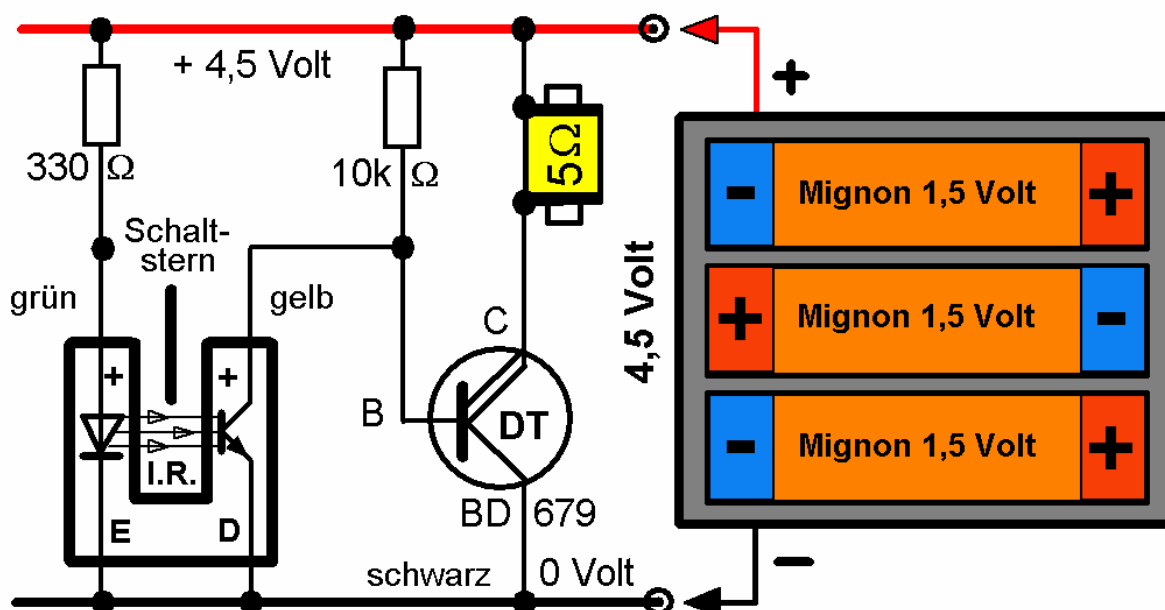
Trotzdem **läuft** der Motor **noch nicht an**, weil die Abstoßungskraft auf den **Dauermagneten C** völlig „**symmetrisch**“ wirkt, und **nur auf die Achse** drückt. Der Motor **läuft nicht an!**

Klebe einen weiteren Dauermagneten (**Startmagnet A**) mit dem **Nordpol nach oben 1 mm vom Rand** auf das Grundbrett (Zeichnung). Dieser zieht den **Dauermagneten B** an und das Polrad dreht sich um einige Grad, so dass **C etwas tiefer** liegt. Diese „**Unsymmetrie**“ erzeugt beim Einschalten des Stromes eine **seitliche Komponente** der Abstoßungskraft, die **den Motor sicher in Pfeilrichtung anlaufen** lässt. Wenn du den Startmagneten mit dem **Südpol nach oben** aufklebst, **stoßen sich A und B ab** und **C wird gehoben**. Nun startet der Motor **gegen die Pfeilrichtung**.

Danach hat der Startmagnet **keinen Einfluss** auf die **Motordrehzahl**.

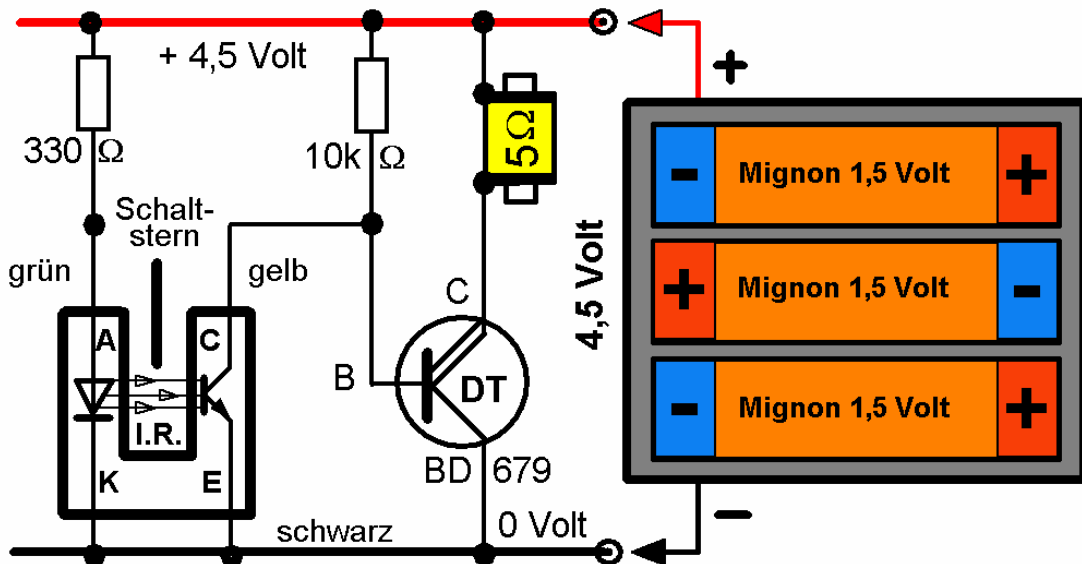
Achtung: Wegen des **starken Infrarotanteils im Glühlampenlicht**, schaltet der Fototransistor manchmal bei **direkter Bestrahlung** durch und reagiert dann nicht mehr auf die Infrarotdiode. Der Motor **bleibt stehen!**

Schaltbild des Lichtschrankenmotors



Nachtrag: Neue Bezeichnungen für die Gabellichtschranke

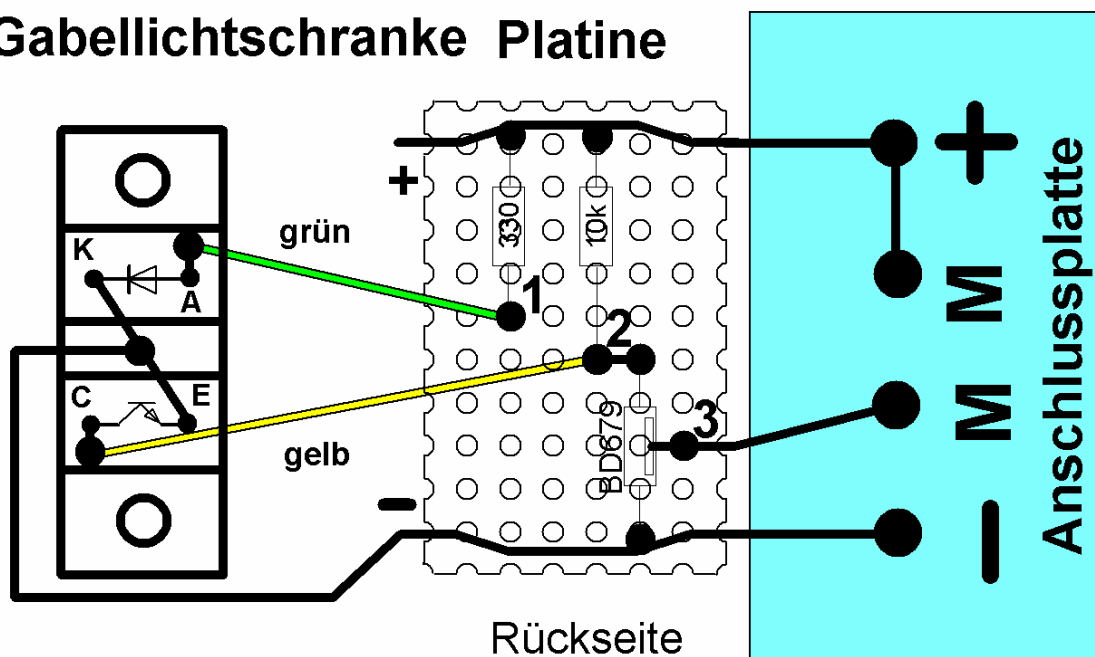
Die Bezeichnung der Anschlüsse für die **Gabellichtschranke** bezieht sich in der Bauanleitung auf die **in der Bestellliste angegebene** Type. Neuere Gabellichtschranken haben **folgende Bezeichnungen der Anschlüsse**: Für die **Senderdiode A** (Anode) und **K** (Kathode) und für den **Empfängertransistor E** (Emitter) und **C** (Kollektor) .



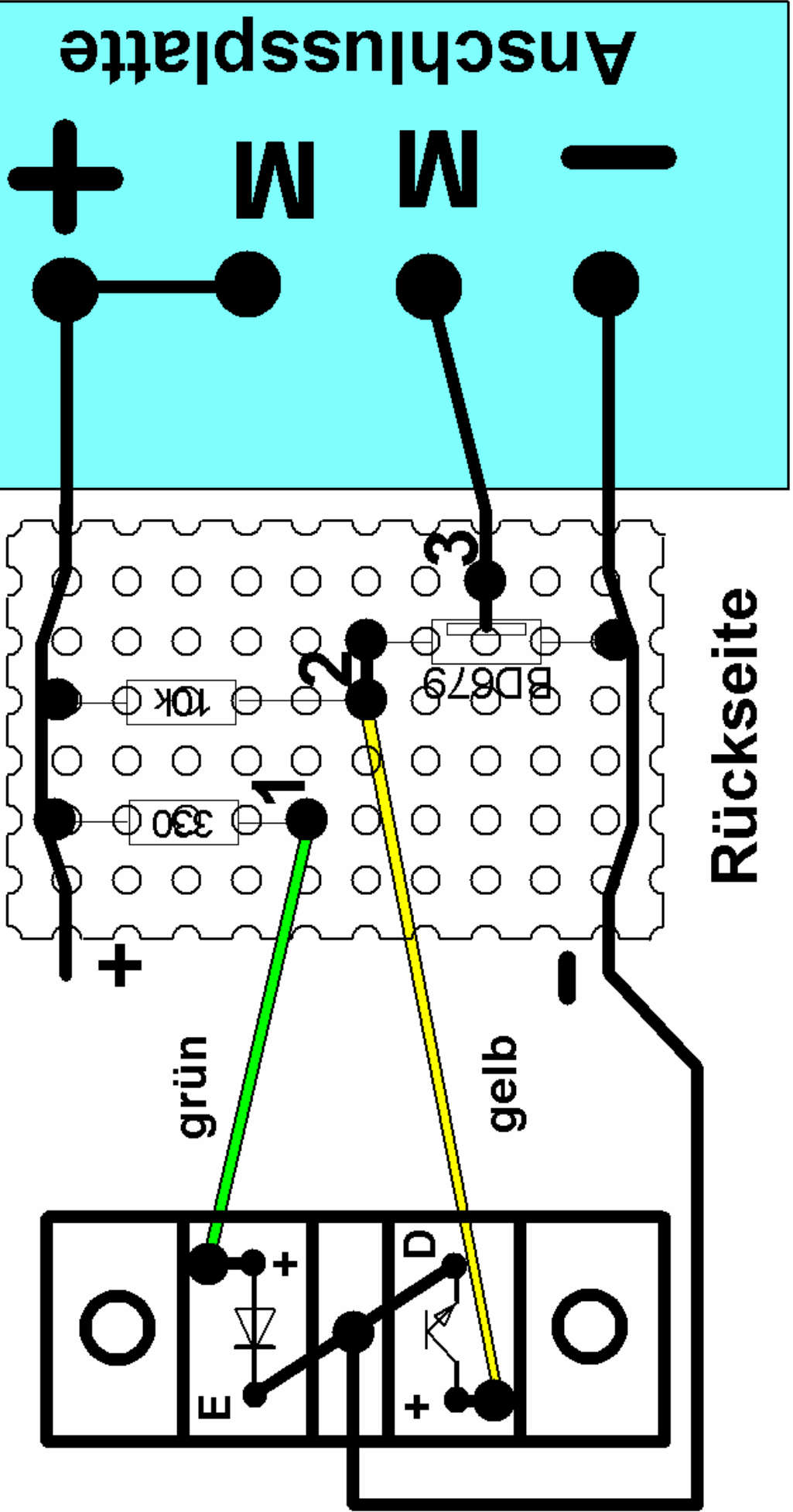
So ändert sich die **Beschreibung unter Punkt 8** wie folgt:

„**Löte die Lichtschranke** mit Litzen (100 mm, gelb, grün und schwarz) an die entsprechenden **Lötunkte der Platine**: **K** und **E** an die schwarze Litze, **A** an grün und **C** an gelb“.

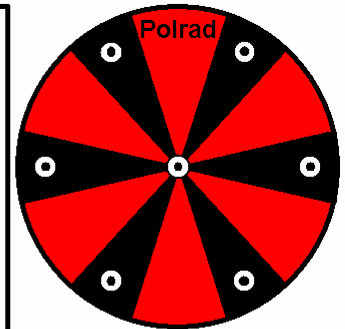
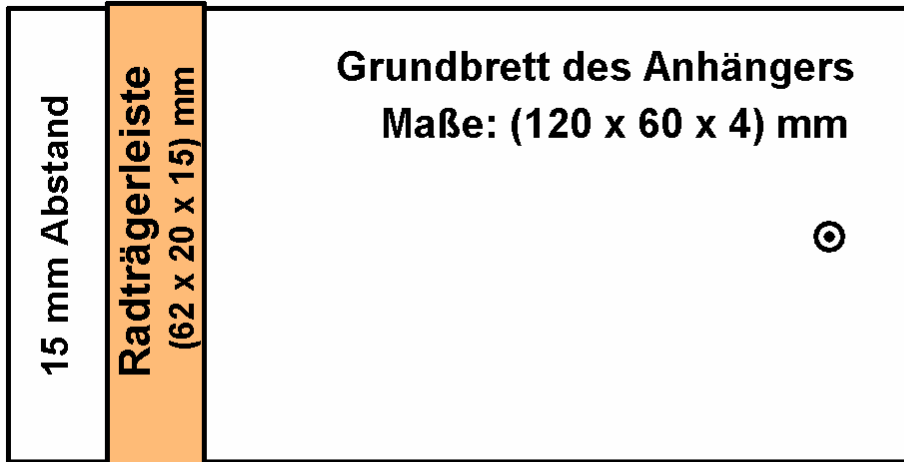
Gabellichtschranke Platine



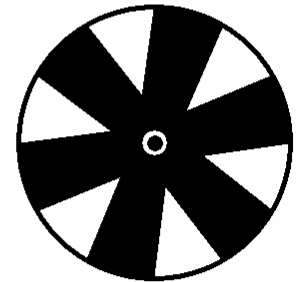
Gabellichtschränke Platine



Schablonen in Originalgröße

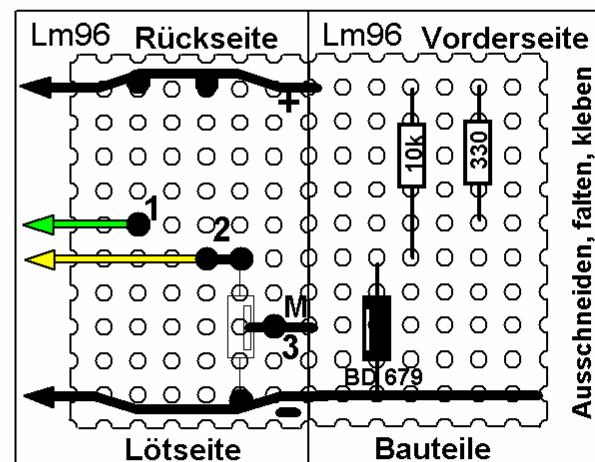
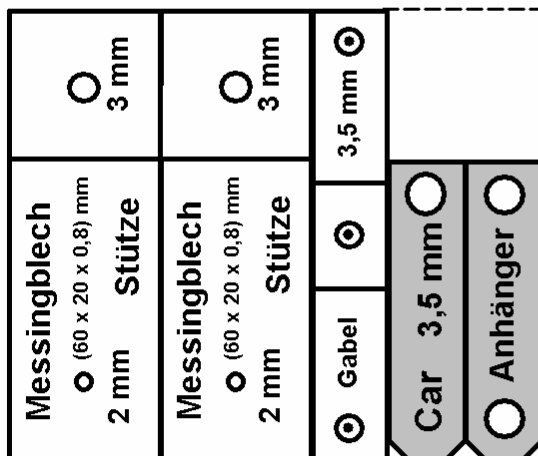
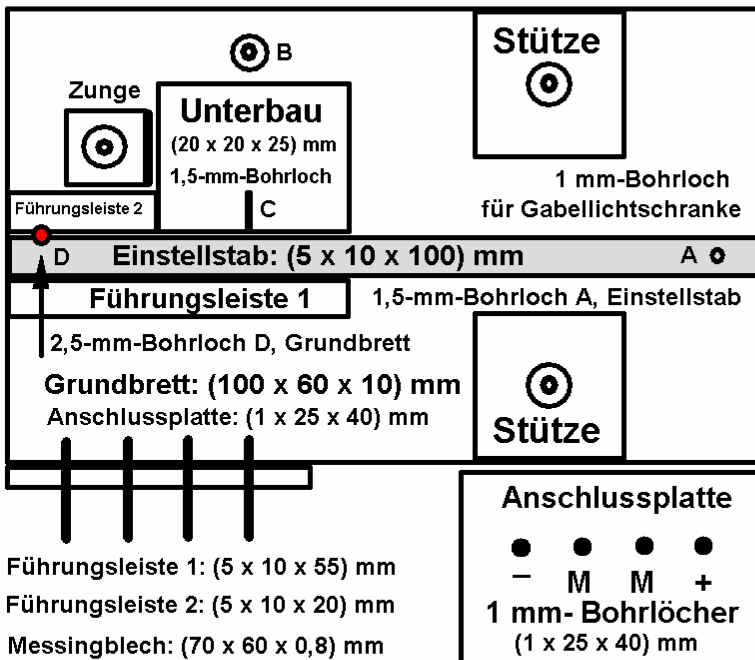
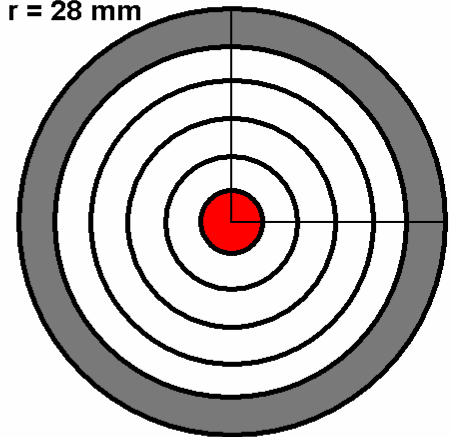


r = 22 mm



r = 17 mm

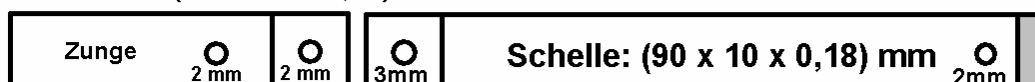
r = 28 mm



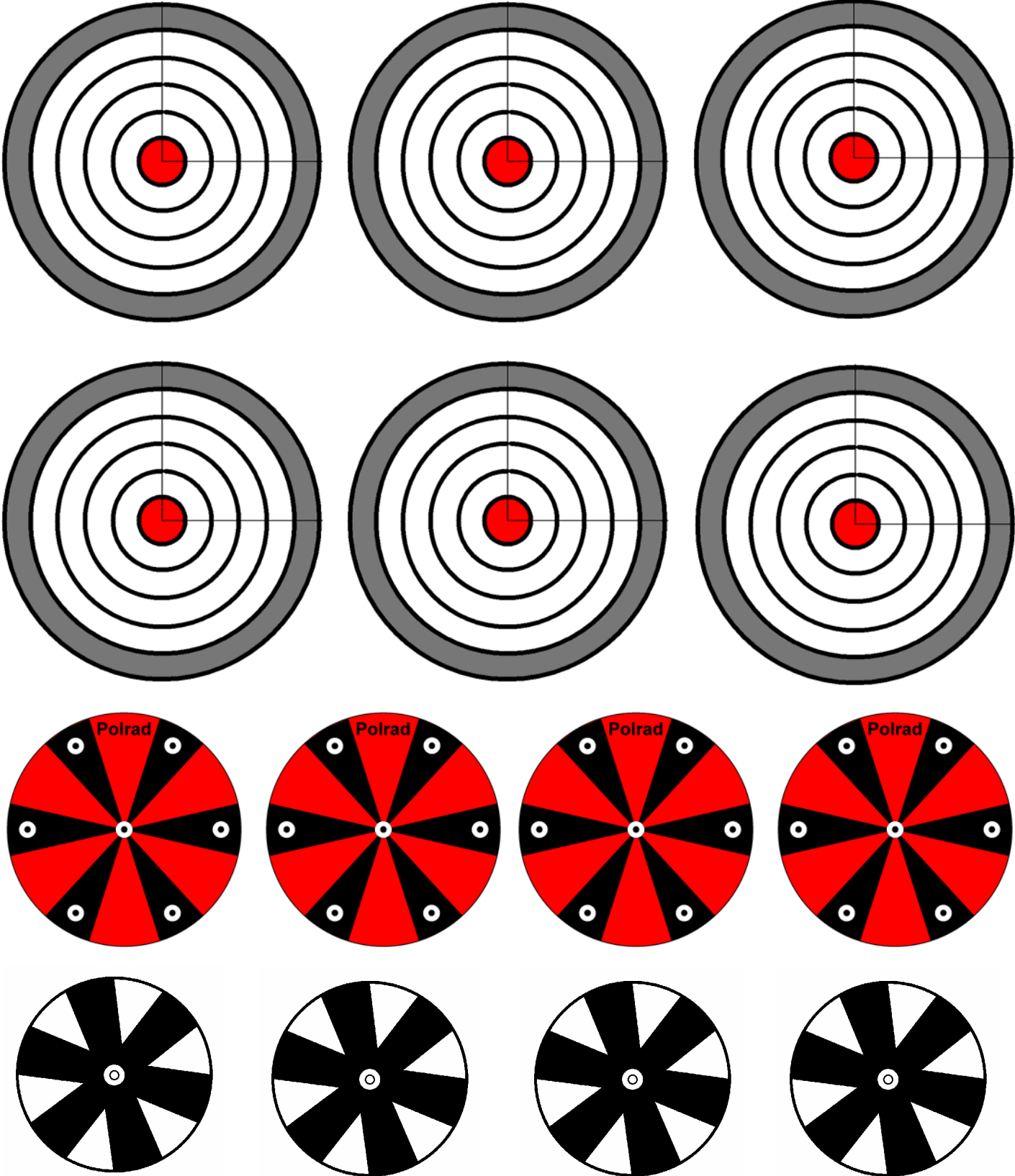
Weißblech: (135 x 10 x 0,18) mm

Faltblatt, Platine

Leder oder Stoff: (10 x 4) mm

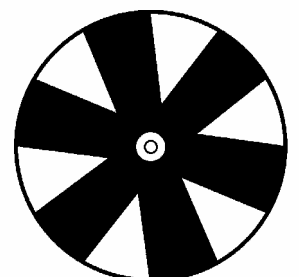
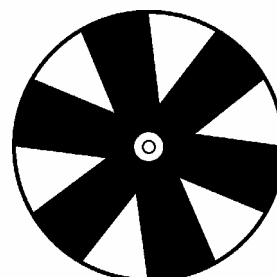
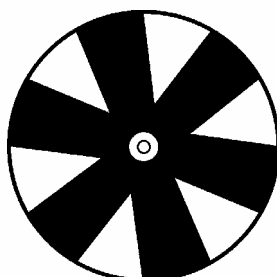
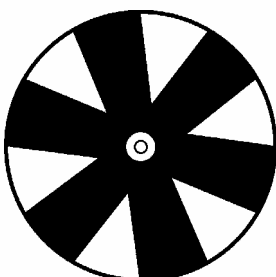
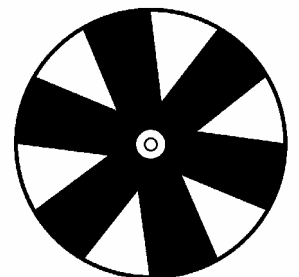
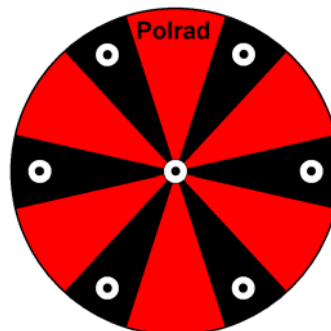
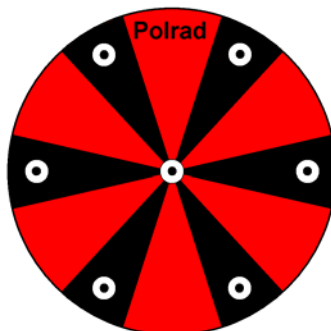
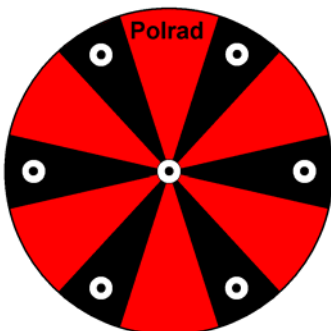
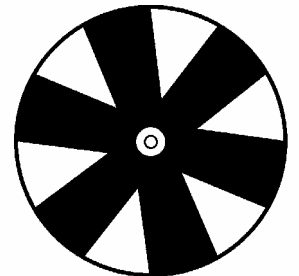
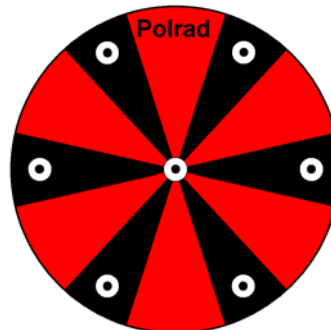
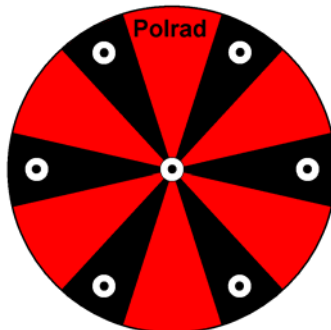
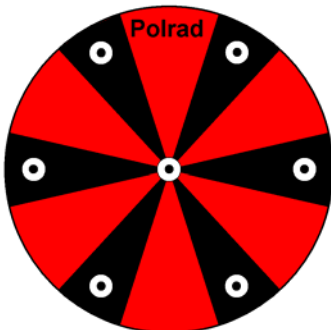
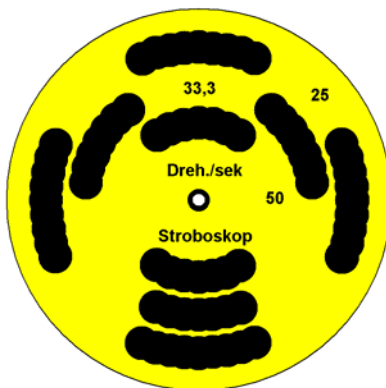


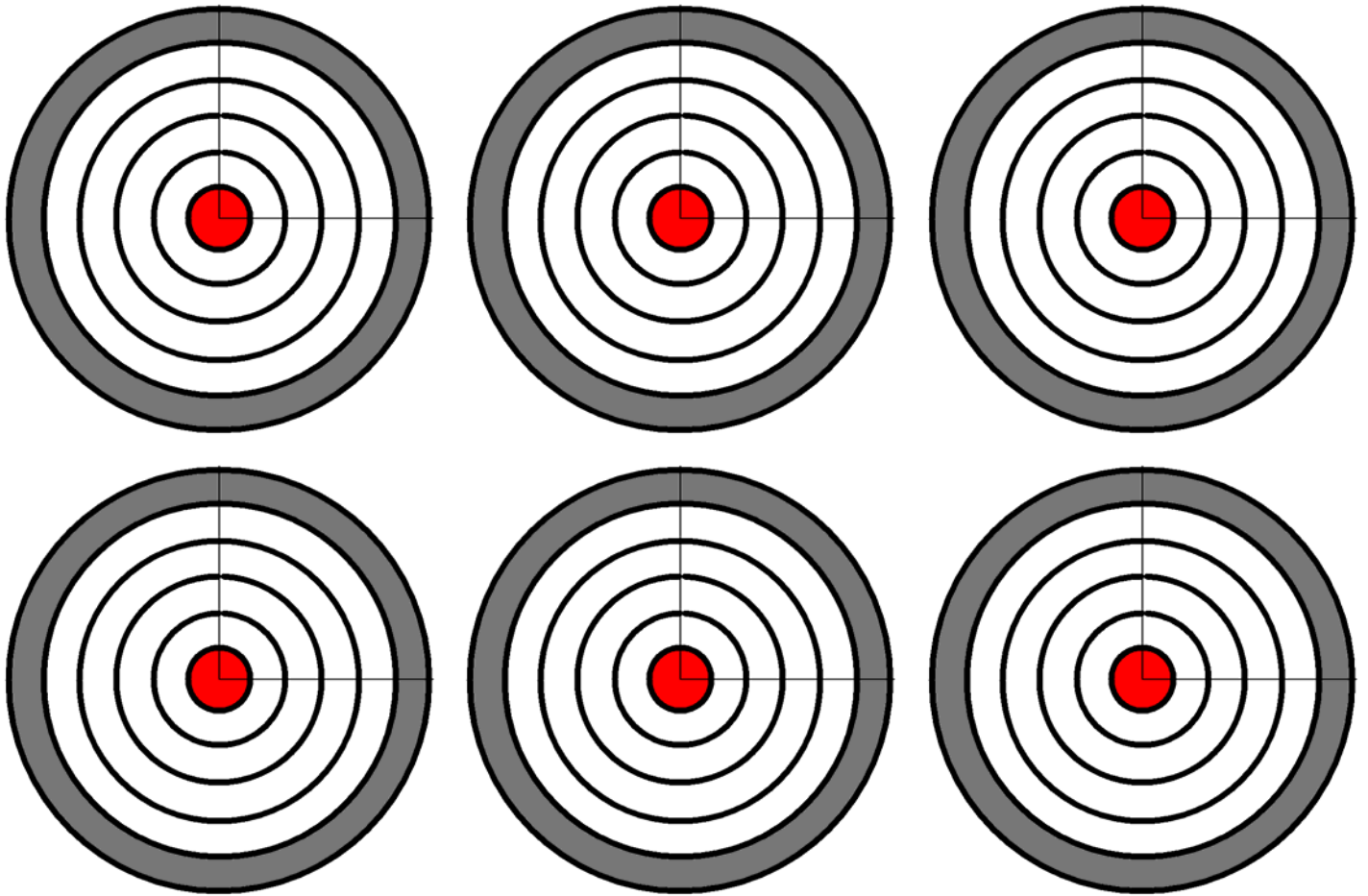
Drucke Polräder, Schaltsterne und **Membranen** auf festem Druckerpapier aus. Schneide ein Viertel und „rot“ heraus und klebe daraus einen Trichter.



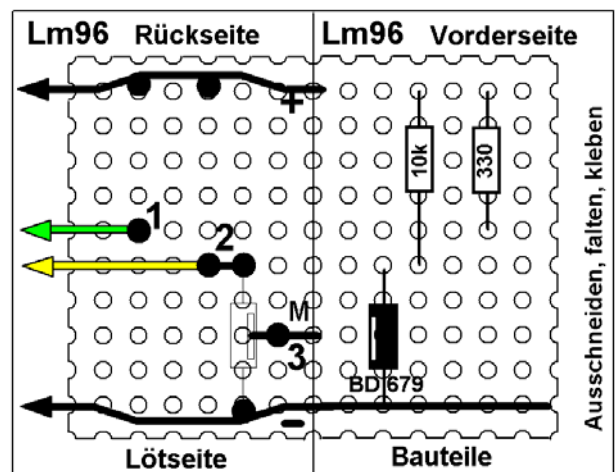
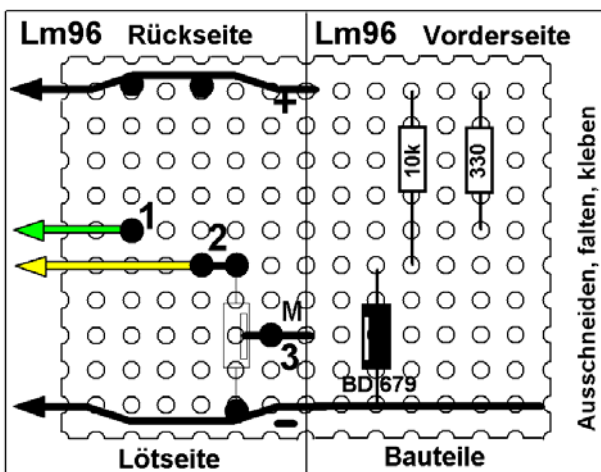
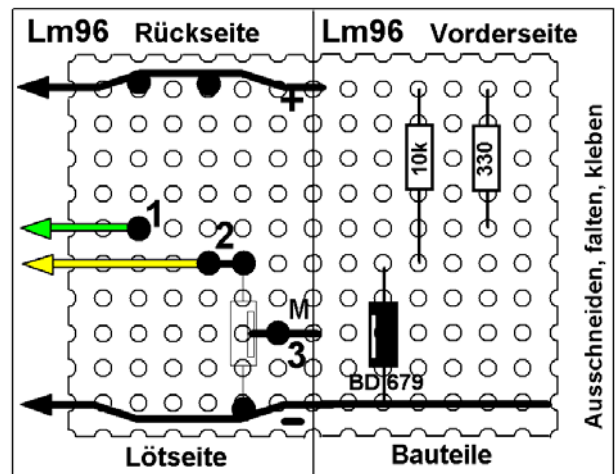
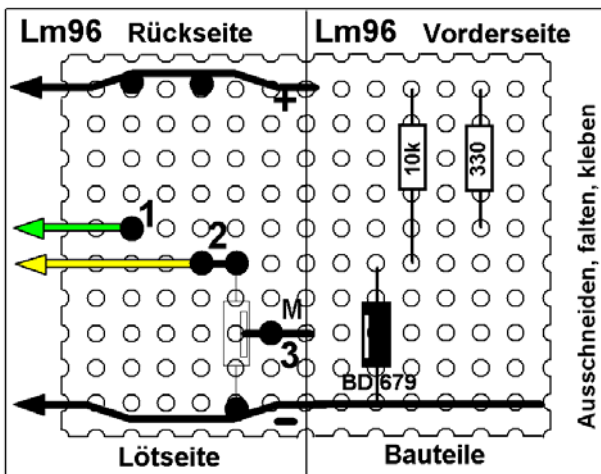
Klebe die Schaltsterne auf **schwarzen Karton** und schneide sie aus.

Schablonen für Schülergruppen (Fotokarton)

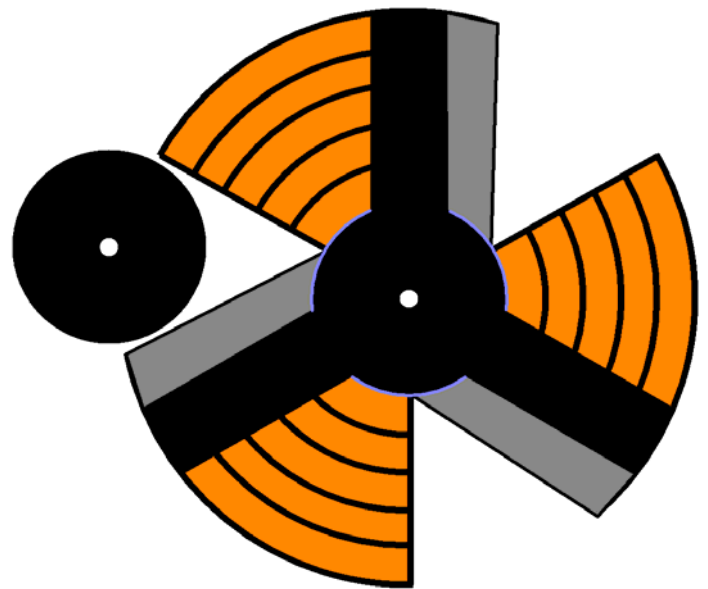
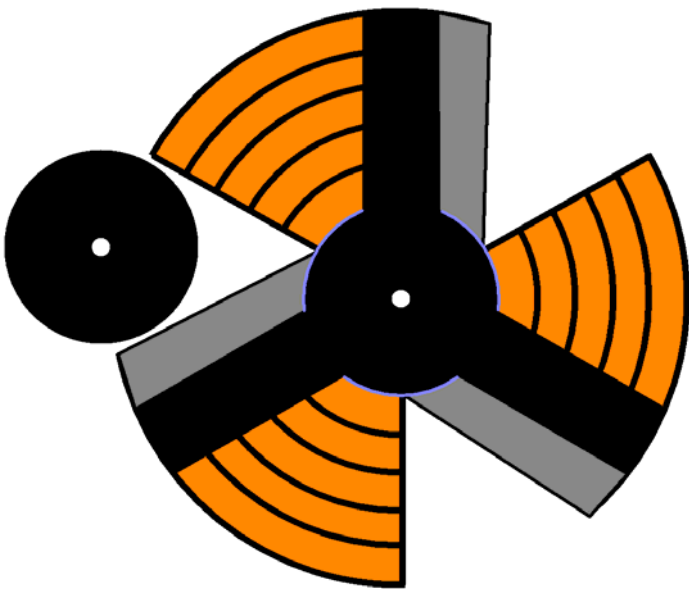
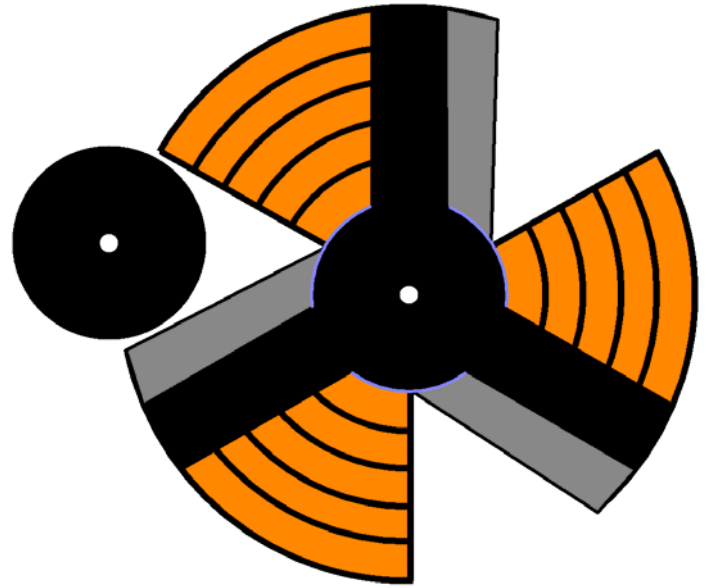
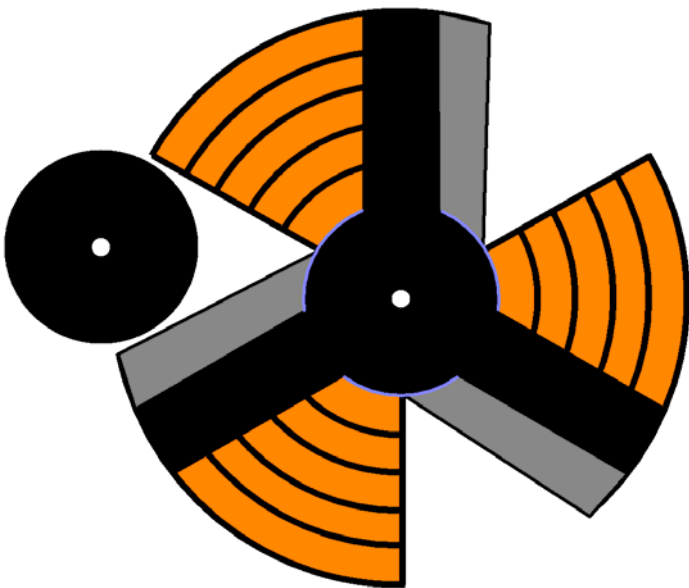
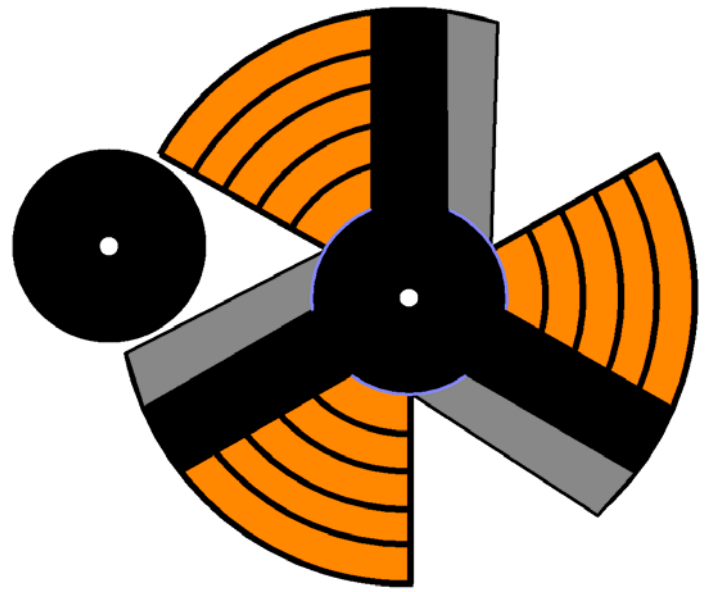
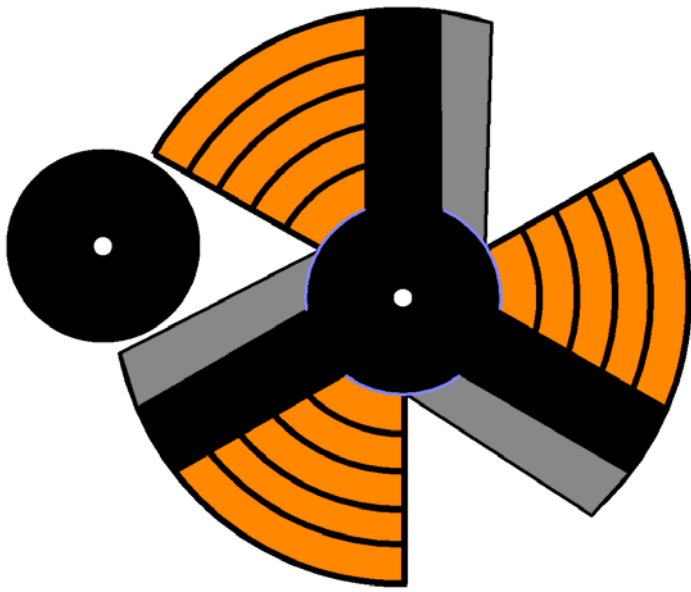




Drucke Membranen und Faltblätter auf festem Druckerpapier aus



Schablonen für Schülergruppen (Fotokarton)



Bestellliste für den Lichtschrankenmotor Lm 96

Conrad Elektronik Klaus-Conrad-Str. 1. 92240 Hirschau

Tel.: **096 04 40 89 88** Email: www.business.conrad.de

Widerstände	Bestellnummer	Bestellempfehlung
1. 330 Ohm	40 39 89-92	1 Pack
2. 10k Ohm	40 41 60-12	1 Pack
3. Steckstifte	52 62 74-50	1 Pack
4. Steckschuhe	52 62 90-93	1 Pack

Traudl Riess KG St-Georgen-Straße 6 95463 Bindlach

Tel.: **09208 9119** Email: www.traudl-riess.de

1. Transistoren	18.181.0	BD 677/679	17 Stück
2. Batteriekasten	19.423.0	für 3 x Mignonzelle 1,5 Volt	15 Stück
3. Litze 10m grün	19.043.2		1 Ring
4. Litze 10m gelb	19.043.3		1 Ring
5. Litze 10m schwarz	19.043.5		1 Ring
6. Lötendraht 1kg	17.030.0		1 kg
8. Kupferdraht	09.104.0	Kupferdraht, versilbert: 0,8mm	1 Ring
9. Eisendraht	09.022.0	2mm: verkupfert, für Achse	1 kg
10. Kupferlackdraht	19.017.0	0,3mm	8 Spulen
11. Gabellichtschränke	40.054.0		17 Stück
12. Messingblech	09.005.0	0,8mm; 400 x 200mm	1 Stück
13. Weißblech	09.011.1	0,18mm; 373 x 318mm	5 Stück
14. Schwarzblech	09.012.1	Dauermagneten ankleben	5 Stück
15. Permanentmagneten	19.404.0	für Polrad	100 Stück
16. Spulenkörper	19.713.1		17 Stück
17. Spulenkern	19.014.1		17 Stück
18. Leisten (20 x 20) mm	08.021.0	Unterbau	25 Stück
19. Leisten (5 x 10) mm	08.013.0	Stellstäbe	25 Stück
20. Maulschlüssel	14.118.0	5,5mm für M3	15 Stück
21. Pinzetten	14.622.0	für Elektronik-Feinarbeiten	15 Stück
22. Messingbuchsen	19.414.0	außen: 4mm; innen: 3,1mm	2 Pack
23. Senkkopfschrauben	21.156.0	im Text: Se (2 x 10) mm	1 Pack
24. Senkkopfschrauben	21.147.0	im Text: Sk (1,6 x 10) mm	1 Pack
25. Linsenkopfschrauben	21.149.0	im Text: Li (2 x 12) mm	1 Pack
26. Sperrholz 1,5mm	08.071.0	250 x 500mm	1 Platte
27. Lochraster-Plat.	19.132.0	(Lötringe zur Bauteileseite)	1 Stück
28. Distanzscheiben	35.058.5	2 mm für Motorachse	1 Pack

Von örtlichen Firmen: Sperrholz: 8 mm; Filzstifte (Edding 400)