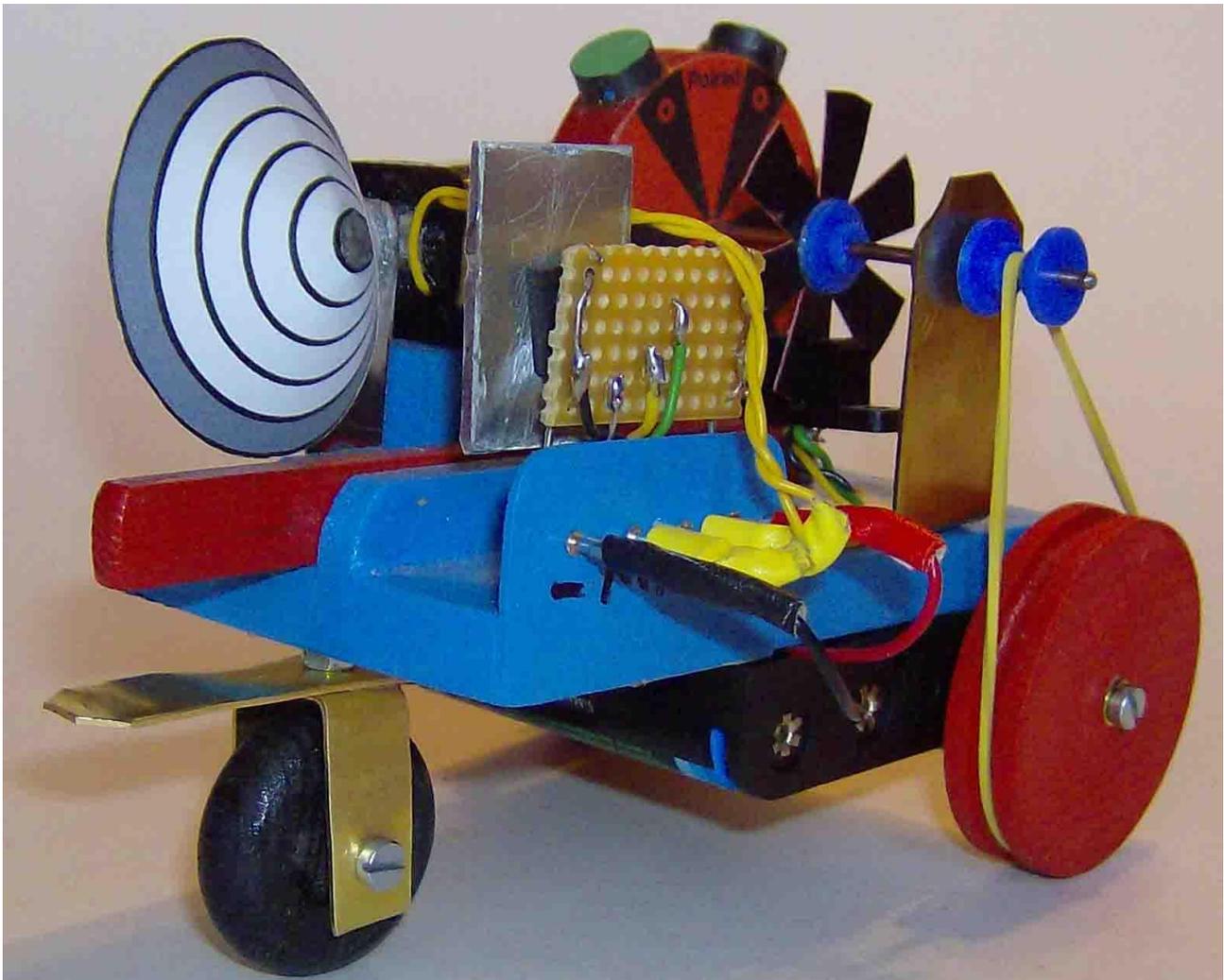


# Der mobile Lichtschrankenmotor Lm96-Car

Ein Projekt der Elektronik- AG. der Realschule- Fockbek

Version: 18.03.2018

J. Mohr: [motec@web.de](mailto:motec@web.de)

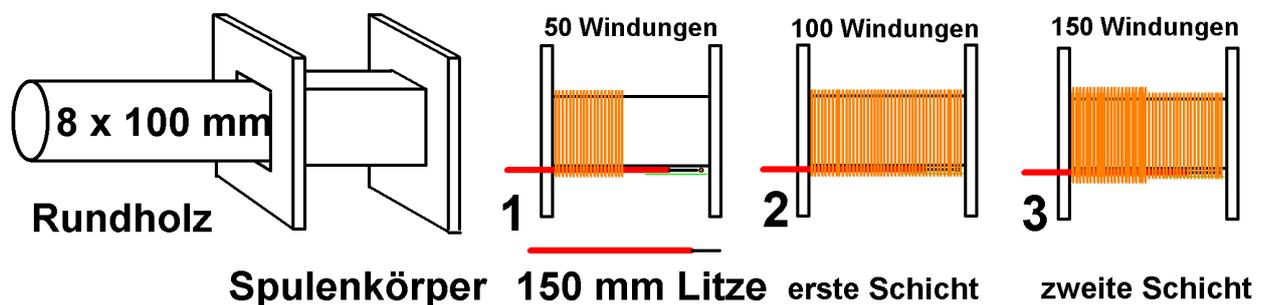


**Der Lichtschrankenmotor** beruht darauf, dass ein **Elektromagnet** im richtigen Moment ein- und ausgeschaltet wird. Die **Gabel-Lichtschranke** ermöglicht ein **kontaktfreies Schalten**. Sie wird auf einen **Stellstab** geschraubt und lässt sich unter dem Schaltstern hin und her bewegen. So wird der **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 einen fertigen Spulenkörper gewickelt (400 Windungen) und mit einem **Fertigkern** bestückt. Die „**Zunge**“ am Ende des Elektromagneten veranschaulicht die Magnetkräfte und macht zusammen mit der Membrane die Stromimpulse hörbar. Damit lässt sich die Drehzahl des Motors einstellen. Der „**Startmagnet**“ bewirkt, dass der Motor beim Einschalten des Stromes **von selbst anläuft**. Als **Stromversorgung** dienen **3 Mignonzellen (4,5 Volt)** oder **4 Akkuzellen (4,8 Volt)**.

# Arbeitsbögen für die Teilnehmer.

## Bau des Motors in 21 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 wickle 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.

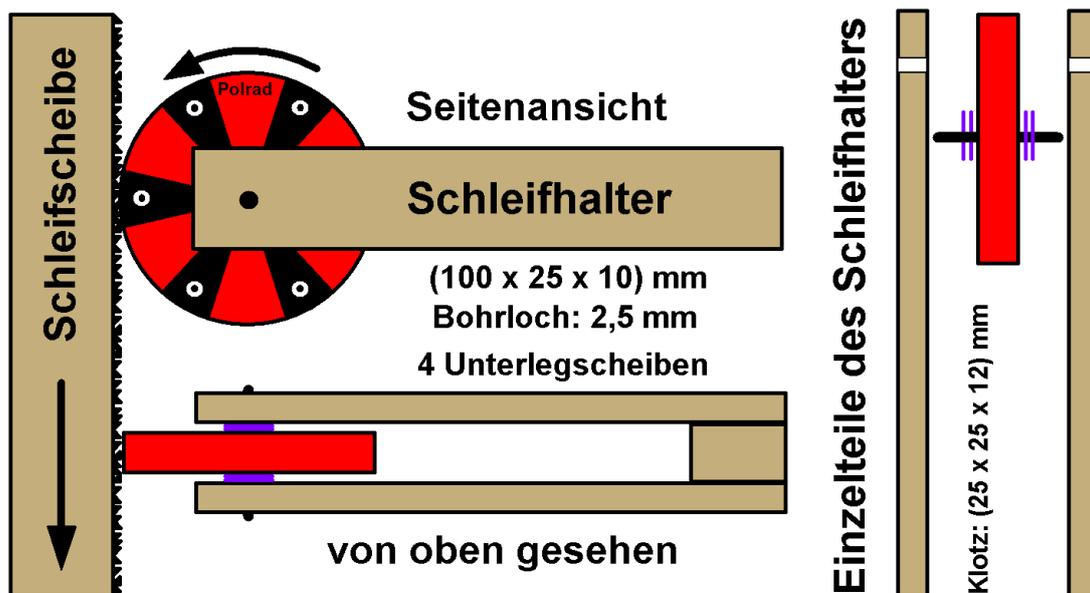


2. Schiebe den Spulenkörper auf ein 8mm-Rundholz und beginne planvoll den Draht aufzuwickeln: **4 Lagen zu je 100 Windungen**. Teile nach „**Augenmaß**“ den Wickelraum in 2 Teile und bringe die **ersten 50 Windungen bis zur Mitte hin** auf (Bild 1 - 3). Dann folgen die nächsten 50 Windungen und die erste 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 das Batteriekästchen an (Steckschuhe + Stifte). **Die Magnetkraft ist stark!!!** Nach dem Unterbrechen des Stromkreises bleibt noch ein geringer **Restmagnetismus** übrig, der durch „**Klopfen**“ verschwindet.

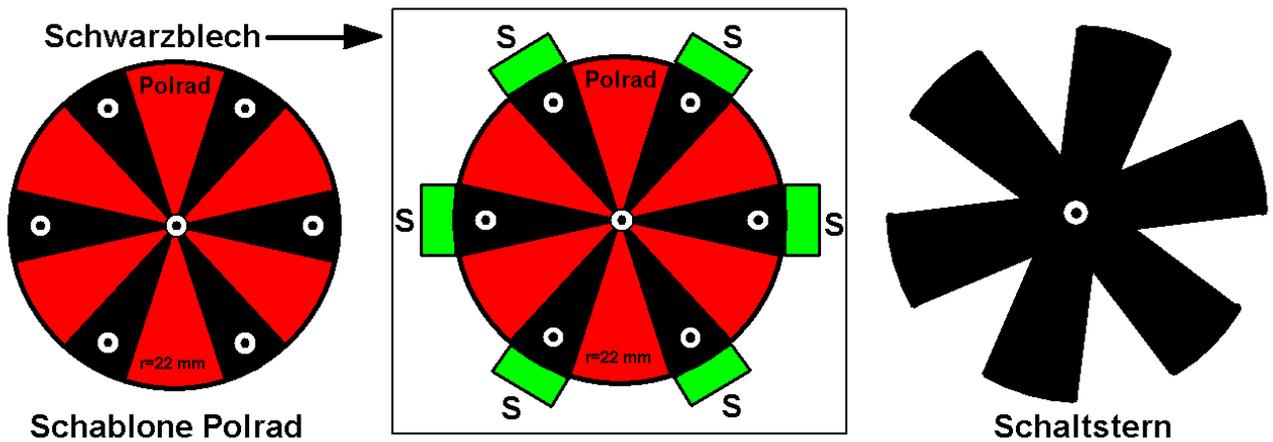
3. Säge das **Grundbrett** nach der Schablone aus. Markiere die Eckpunkte der Bauteile und die Bohrlöcher mit einem Vorstecher auf dem Grundbrett. Leime an Hand der Punkte den **Unterbau** und die **2 Führungsleisten** an. Schneide die Anschlussplatte (1 mm- Sperrholz) aus, bohre die 1 mm-Löcher für 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 an 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!



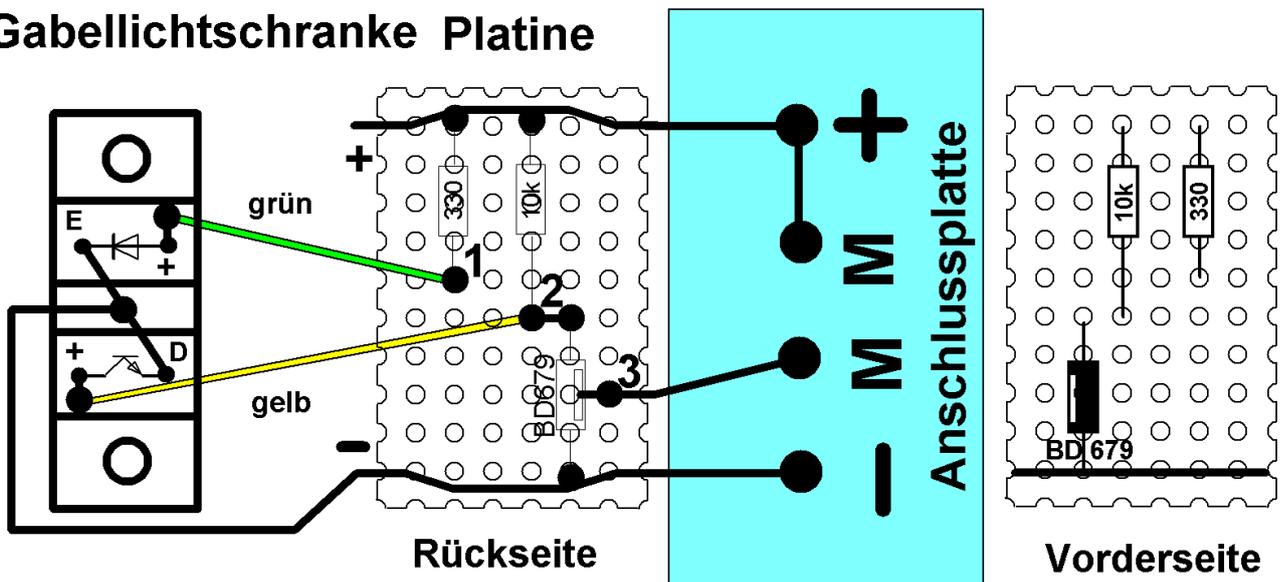
**Test:** Drehe das Rad und beobachte, ob es **ohne zu schwanken** („eiern“) gerade läuft. Kleine Ungenauigkeiten kannst du abschleifen, sonst starte einen zweiten Versuch!!! Das **Ergebnis muss einwandfrei sein, sonst läuft der Motor schlecht!!!**

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**.



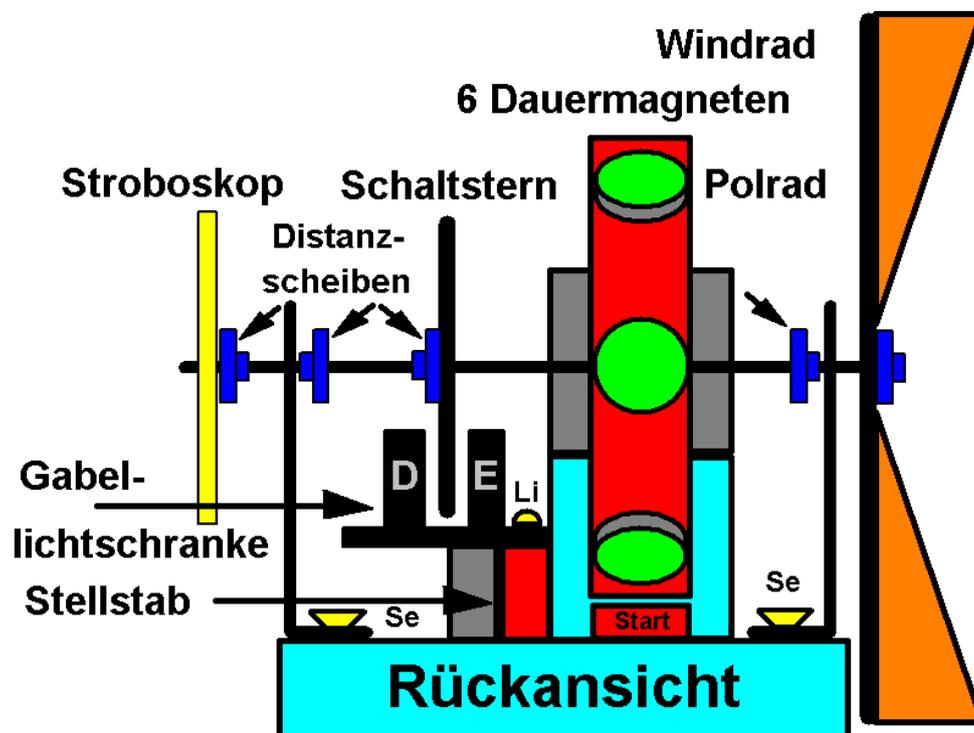
7. Die **Platine** enthält nur 3 Bauteile und kann deshalb sehr klein sein. Benutze das „Faltblatt“ (Schablonen) zum Einsetzen der Bauteile. Lege **Plusleitung** (50 x 0,8 mm) und **Minusleitung** (40 x 0,8 mm, Kupferdraht, versilbert) nach Plan ein. Die Drähte müssen etwas nach außen gebogen werden, 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).

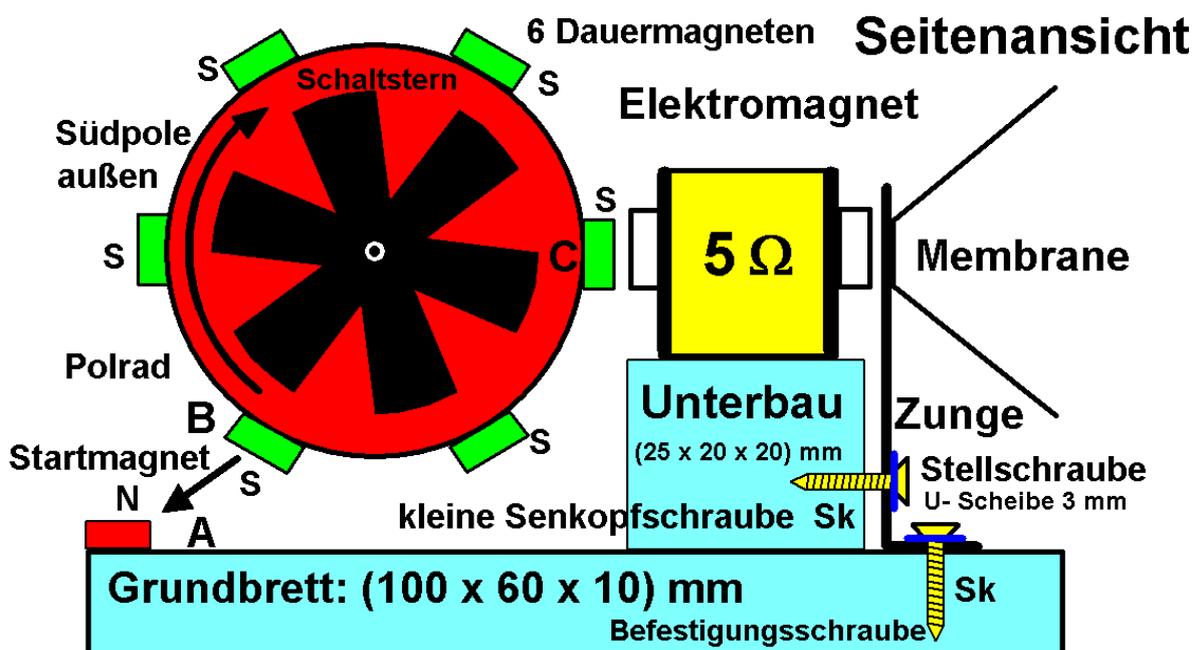
9. Löte die **Lichtschanke** mit 100 mm-Litzen (Bild) an die entsprechenden **Lötpunkte der Platine: E** und **D** an die schwarze Litze, **+ über E** an grün und **+ über D** an gelb. Achte auf die **Farben und Anschlüsse**, sonst arbeitet die Schaltung nicht, oder der **Fototransistor wird zerstört**. Löte die anderen Leitungen (**- ; M; M; +**) an die Anschlussplatte. Befestige die **Gabellichtschanke** mit einer Senkkopfschraube **S** am **vorderen Ende des Stellstabes** (10 mm Abst.). Löte **Steckschuhe** an die Anschlussleitungen des Batteriekästchens und umwickele sie mit Tesaband (quadratisch: Pluspol = rot; Minuspol = schwarz). Es wirkt als „**Knickschutz**“ und als „**Berührungsschutz**“, damit kein **Kurzschluss** durch die Berührung der Steckschuhe entsteht!



10. Der **Schaltstern** unterbricht den **Infrarotstrahl** der Lichtschanke. 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.

11. 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 Führungsleiste noch Anschlusslitze berührt. Befestige die **Lichtschranke vorne am Stab** mit einer Linsenkopfschraube **Li** (12 x 2) mm, (1,5 mm- Bohrloch). Schneide die **Membrane** aus und **entferne ein Viertel** und die **Mitte** (rot). Biege sie zu einem „Trichter“ und verklebe sie (2 mm Überlappung). Klebe die Membrane **gegenüber dem Kern des Elektromagneten** an die Zunge. Mit der **Stellschraube** kannst du die „größte Lautstärke“ einstellen.

**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 wird er **ausgeschaltet**, sonst wird das Polrad gebremst. Dieses kannst du mit der **Zunge** prüfen. **Die Membrane verstärkt den Ton** und du kannst den Motor **nach Gehör auf Höchstgeschwindigkeit** einstellen.



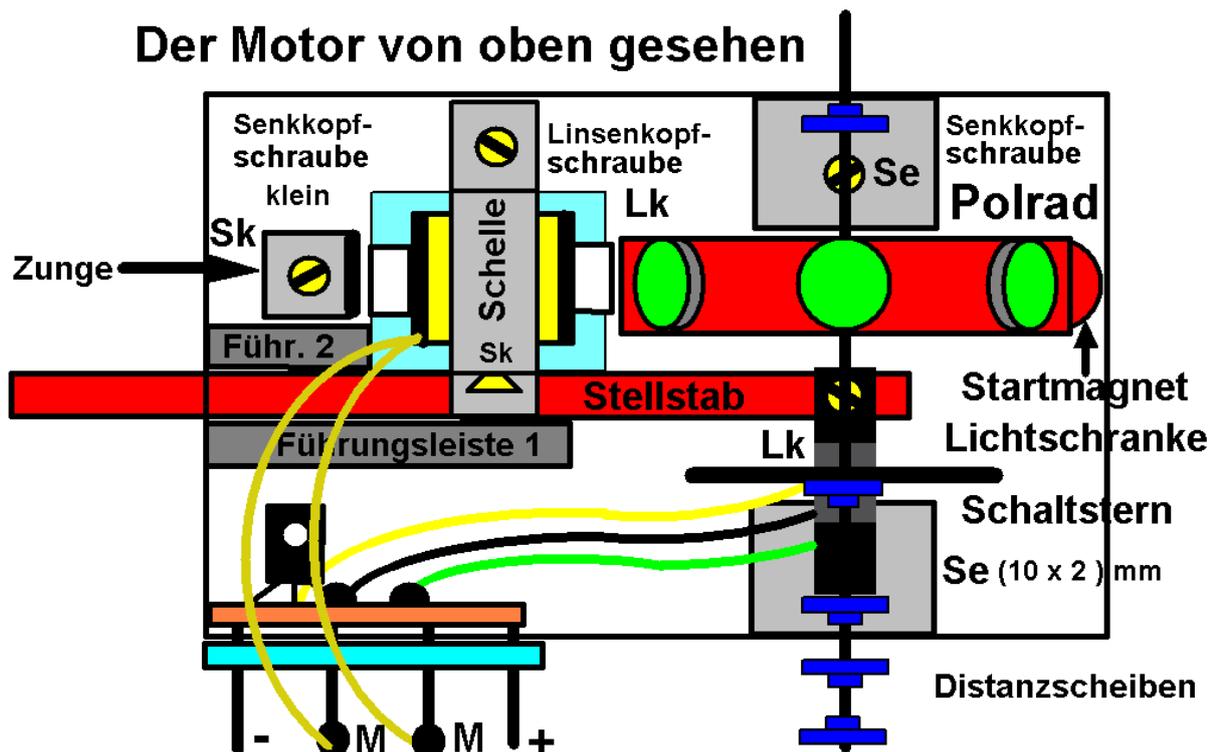
12. **Der Lichtschrankenmotor läuft „von selbst“ an.** Stelle fest, ob der **Elektromagnet die Dauermagneten des Polrades anzieht oder abstößt**, wenn der Strom eingeschaltet ist (Die Zunge wird **immer** angezogen). **Pole die Anschlüsse des Elektromagneten um**, wenn er die Magneten des Polrades anzieht! 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**, weil die Abstoßungskraft auf den **Dauermagneten C** völlig „**symmetrisch**“ wirkt. **Ergebnis:** Die Kraft drückt **nur auf die Achse** und der Motor **läuft nicht an!**

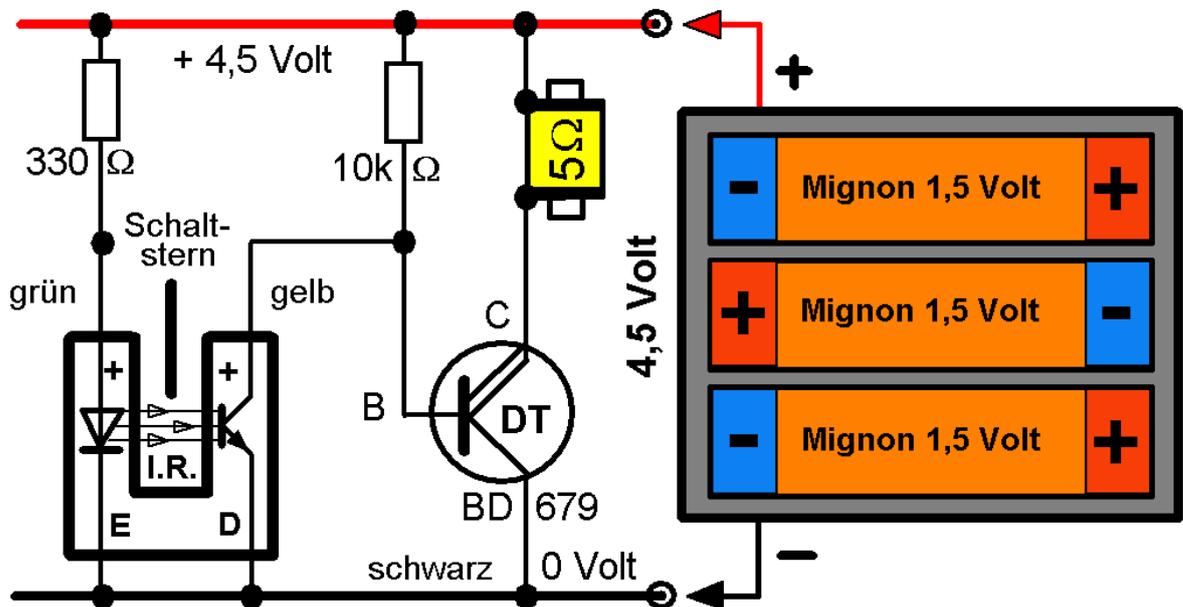
Klebe einen weiteren Dauermagneten (**Startmagnet A**) mit dem **Nordpol nach oben 1 mm vom Rand** auf das Grundbrett (Zeichnung). Dieser zieht den **Dauermagneten B** an und das Polrad dreht sich um einige Grad, so dass **C etwas tiefer** liegt. Diese „**Unsymmetrie**“ erzeugt beim Einschalten des Stromes 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** (probiere die günstigste Polrichtung aus). Danach hat der Startmagnet **keinen Einfluss** auf die **Motordrehzahl**.

**Achtung:** Wegen des **starken Infrarotanteils im Glühlampenlicht** kann es sein, dass der Fototransistor bei **direkter Bestrahlung** durchschaltet und dann nicht mehr auf die Infrarotdiode reagiert. Der Motor **bleibt stehen!**



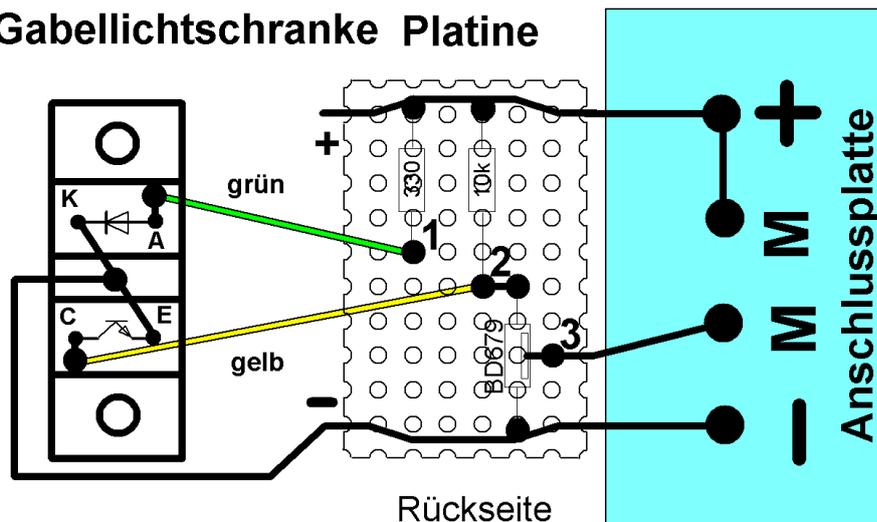
## Schaltbild des Lichtschrankenmotors



### 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) .

### Gabellichtschranke Platine

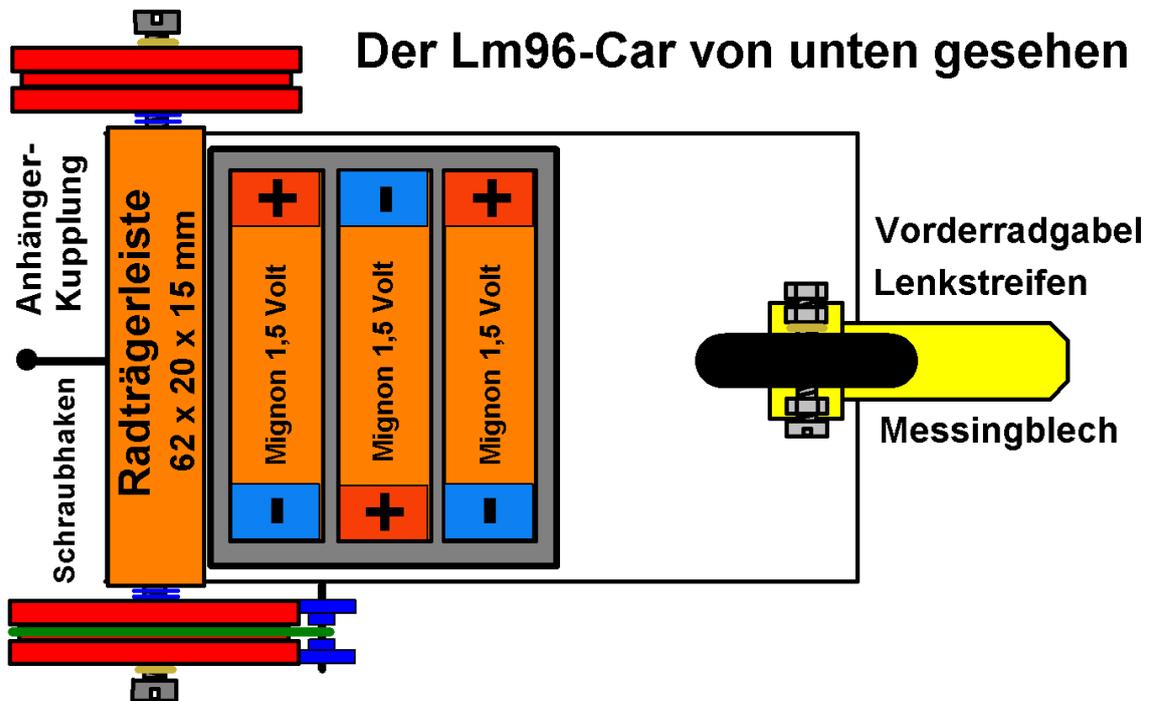


So ändert sich die **Beschreibung unter Punkt 8** wie folgt:

„**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“.

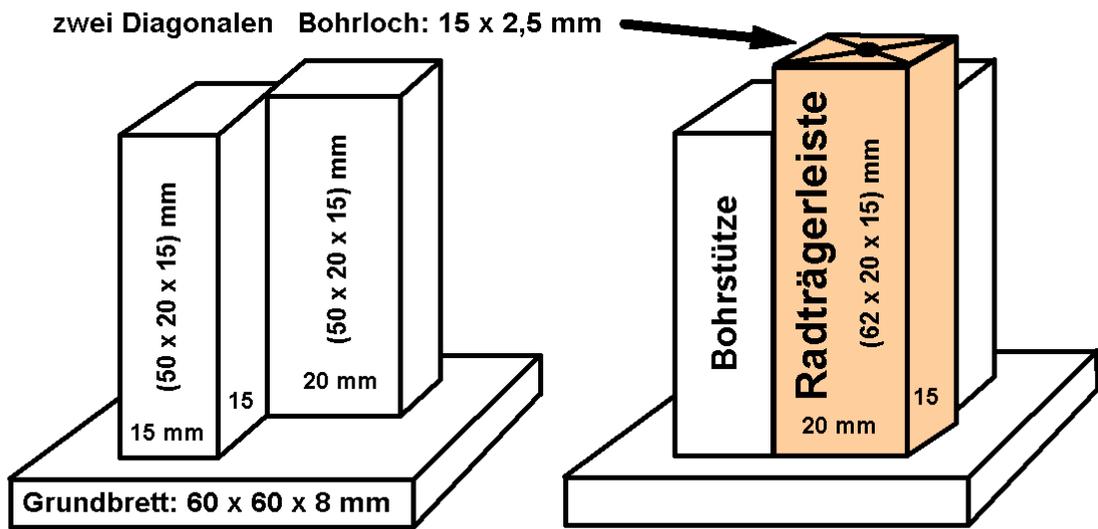
## Nun wird der Lichtschrankenmotor fahrbar: Lm96-Car

13. Bohre in das **Grundbrett** von **unten vorne** das 2,5 mm- Bohrloch **8 mm tief** ein (Schablone). **Vermeide** auf alle Fälle, dass es **tiefer** wird, weil sonst der **Stellstab angebohrt** wird und sich nicht mehr verschieben lässt!!! Streiche die Räder mit Acrylfarbe an.



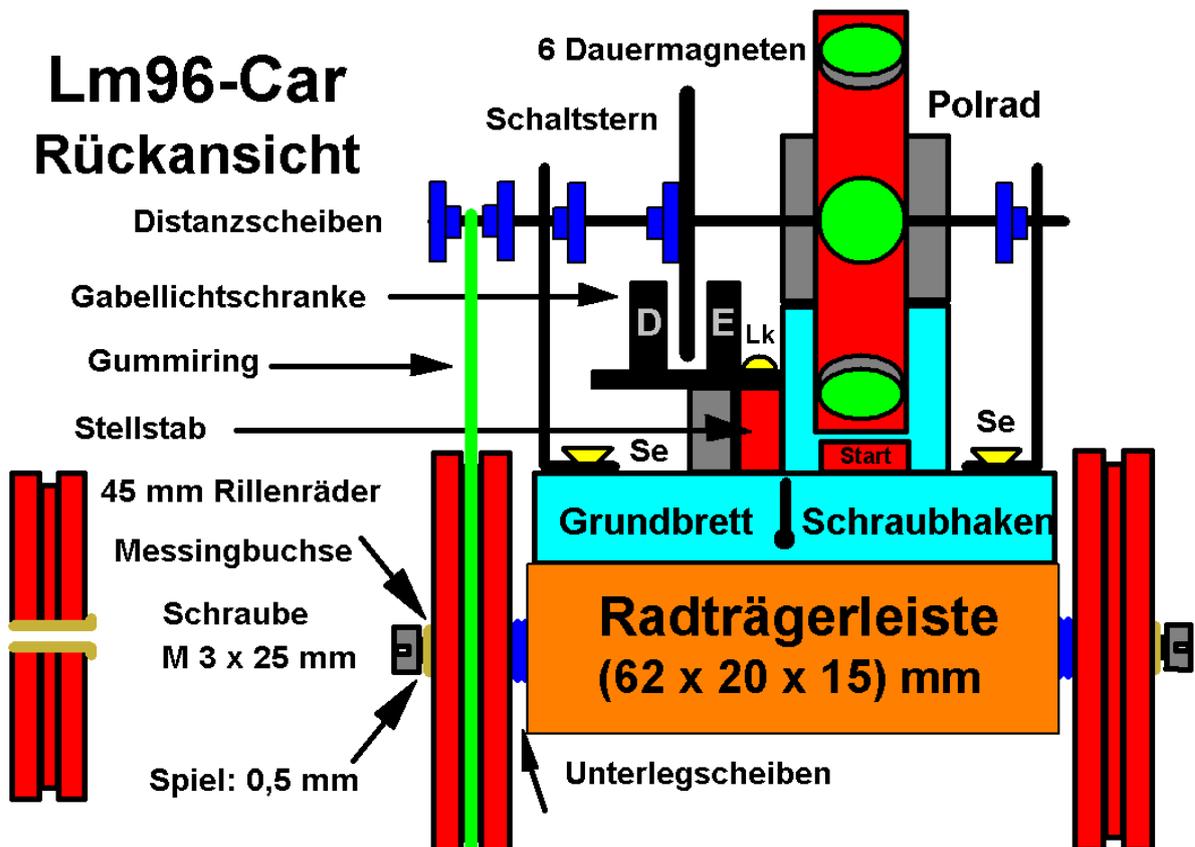
14. Die **Vorderradgabel** besteht aus zwei 0,8 mm- Messingblechstreifen: Der **Gabel** und dem **Lenkstreifen**. Fertige sie nach der Bohrschablone an und bohre **vorsichtig** die drei 3,5 mm Bohrlöcher in das Messingblech. Verbinde beide mit einer **Schraube M3 x 12 mm** (Zeichnung unten). Drücke eine **Messing- Lagerbuchse** in das Vorderrad und setze es mit einer **Schraube M3 x 20 mm** mit **1 mm Spiel** in die Gabel. Verlöte die Gabel, den Lenkstreifen und die Schraube miteinander.
15. Drehe nun das **überstehende Ende** der Verbindungsschraube (8 mm Überstand) in das **vordere Bohrloch der Grundplatte**. Es geht **zunächst etwas schwer**, weil sich die Schraube sich ein „**Gewinde**“ in **das Holz** schneidet. Nach mehrmaligem Heraus- und Hineindreihen wird der Widerstand geringer, so dass die **Lenkung leicht einzustellen** ist.
16. Säge die **Radträgerleiste** (82 x 20 x 15) mm ab und bohre auf jeder Seite ein **Bohrloch 2,5 mm genau mittig etwa 15 mm tief** ein. Zeichne dafür **Diagonale** (Eckenlinien) auf die Stirnflächen. Die **Bohrstütze** erleichtert das **senkrechte Bohren des Radträgers** (nur eine für jede Werkgruppe). Leime den Radträger hinten an das Grundbrett und achte darauf, dass er auf beiden Seiten 1 mm übersteht.

## Bohrstütze mit Radträger

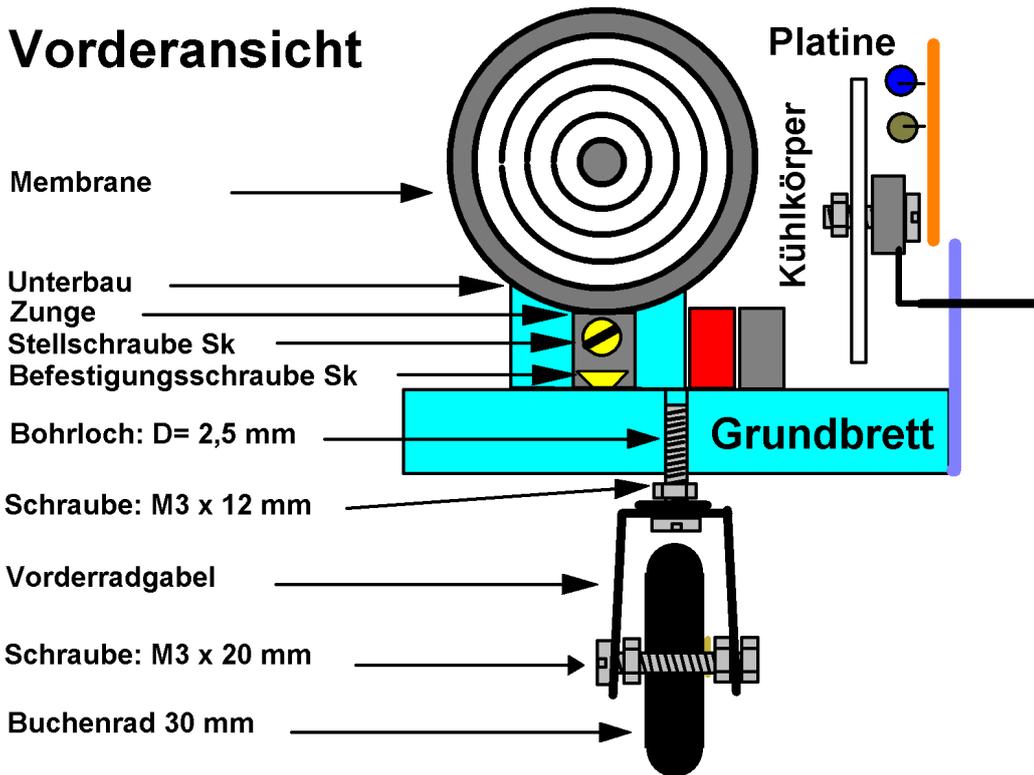


17. Drücke **Messing-** Laufbuchsen in **beide Hinterräder** und schraube sie mit **Unterlegscheiben** und **Schrauben** (M3 x 25) an die Radträgerleiste (0,5 mm Spiel). Die Schrauben schneiden sich dabei ein Gewinde in das Holz.

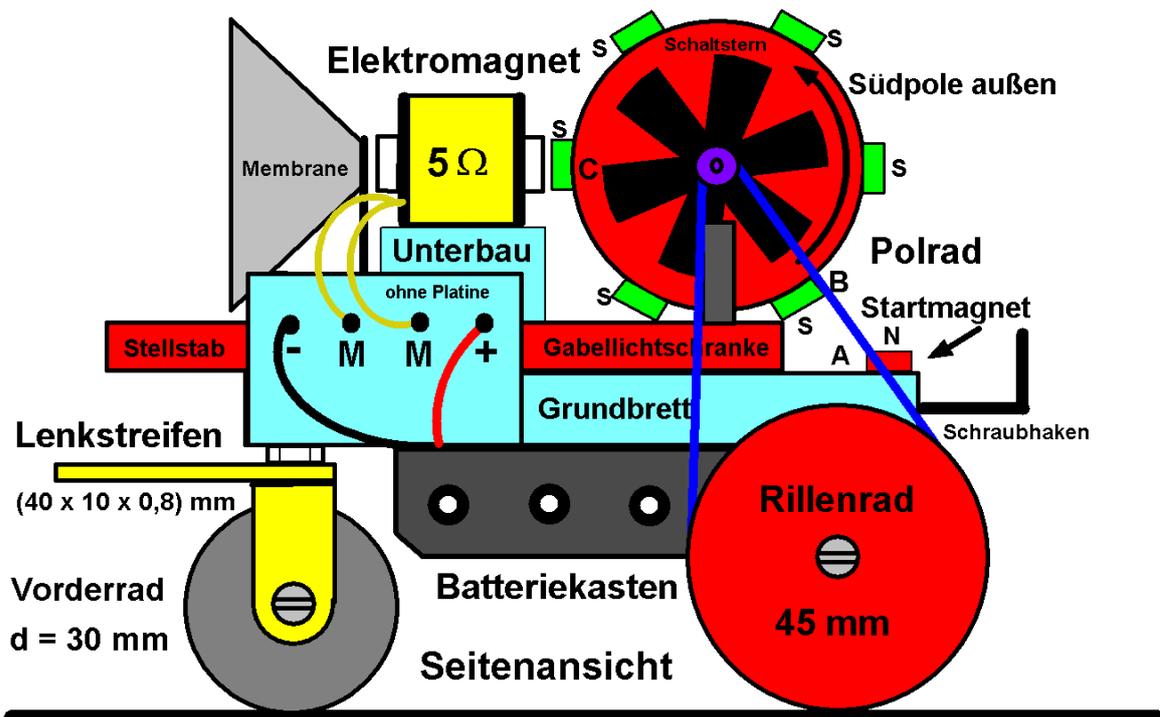
## Lm96-Car Rückansicht



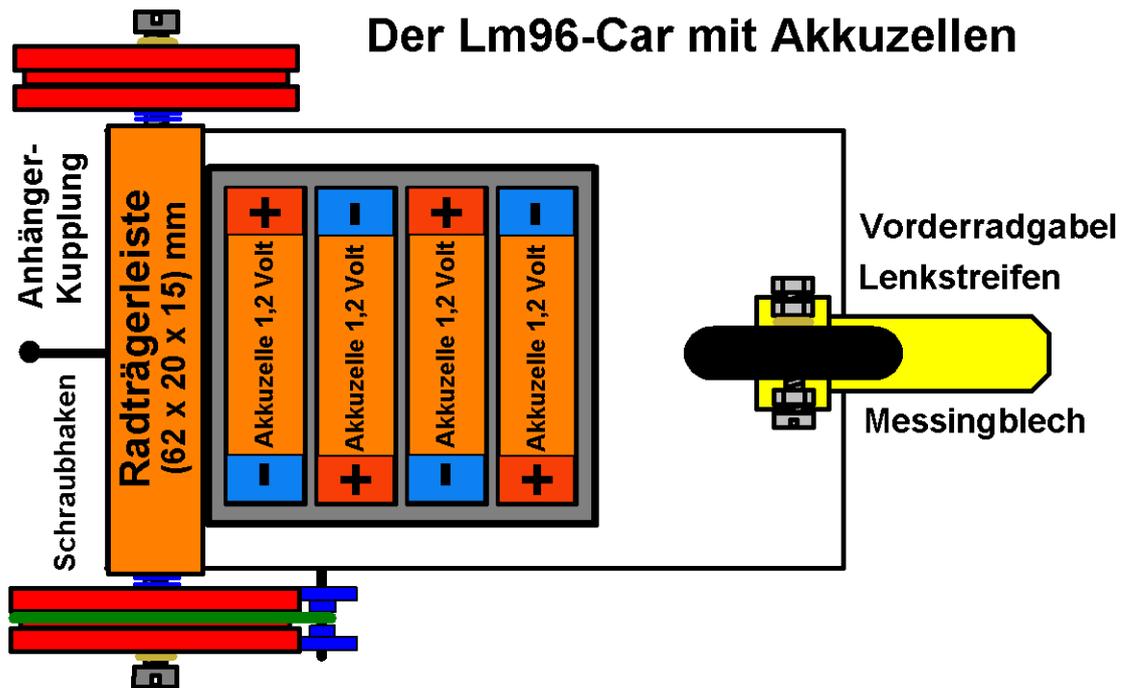
### Vorderansicht



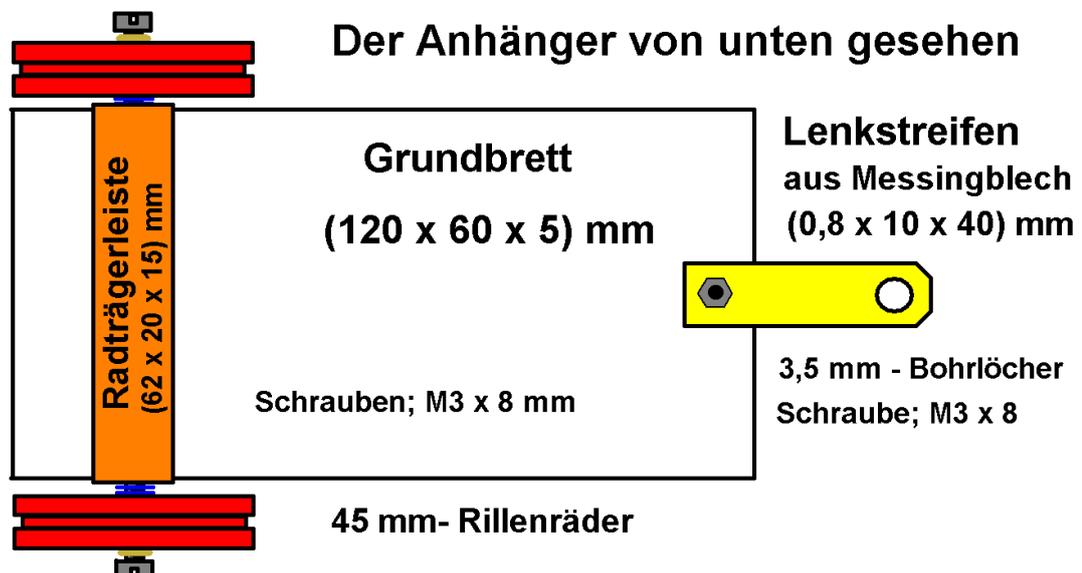
18. Der **Elektromagnet** zieht nicht nur die Dauermagneten an, sondern auch **die Zunge (Weicheisen)**. Das kannst Du genau beobachten, wenn der Motor sich langsam dreht: Sie klopft **heftig auf den Eisenkern**, weil die **Ströme sehr stark** sind. Je **schneller die Schaltimpulse** werden, umso mehr **steigt der „induktive“ Widerstand** der Spule: die **Schwingungen werden schwächer und der Ton wird leiser!**



19. Der Batteriekasten hat entweder **3 Fächer** für 3 Mignonzellen zu je 1,5 Volt, oder **4 Fächer** für Mignon-Akkuzellen zu je 1,2 Volt. Schraube ihn mit zwei Senkkopfschrauben **S** (2 x 10) mm an das Grundbrett. Lege ein passendes **Gummiband** über die **Achse des Motors** und ein **Rillenrad**. Löte **Steckschuhe** an die Leitungen (mit Tesaband umwickeln: Knickschutz) und schließe den Motor an. Das Modell fährt je nach Lenkeinstellung im Kreise oder geradeaus.



20. Mit dem **Anhänger** kannst du die „Stärke“ des Lichtschrankenmotors demonstrieren. Er besteht aus einem Grundbrett (120 x 60 x 4) mm und erhält die **gleiche Hinterradachse wie der Motor**, allerdings mit 15 mm Abstand vom hinteren Rand (weitere Leiste als Maß nehmen).

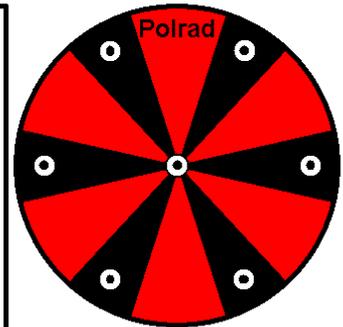
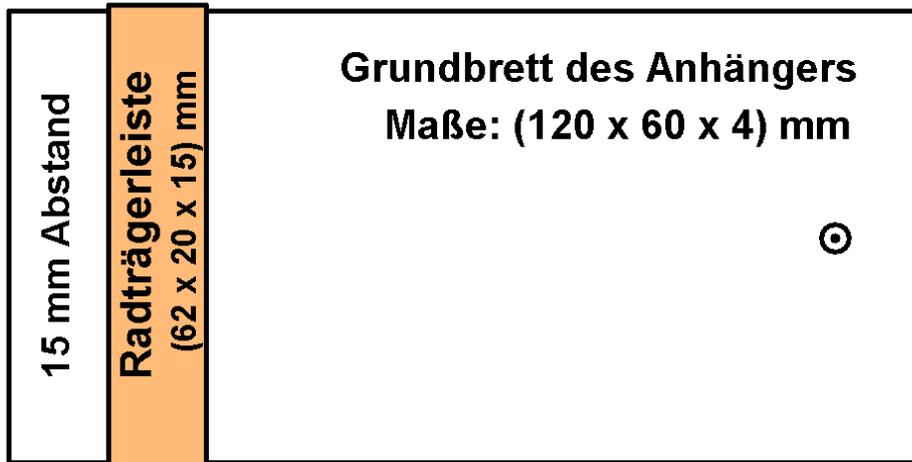




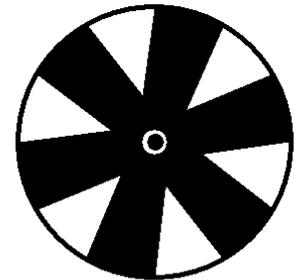
21. Der Lichtschrankenmotor zeigt **starke Leistungen**, so dass er in der Lage ist, sein **eigenes Gewicht** (und mehr) **fortzubewegen**. Die **3 Räder garantieren**, dass das Antriebsrad auch auf unebener Bahn immer **Bodenkontakt** hat. Der Wagen kann enge Kreise fahren. Die Motorkraft reicht aus, um **mehrere Anhänger** zu ziehen. Er wird zur „**Zugmaschine**“ für Abschleppwagen. Drehe einen **Schraubhaken** hinten in das Grundbrett der „Zugmaschine“, und hänge den **Lenkstreifen des Anhängers** darüber. Nach dem gleichen Prinzip kannst Du **bis zu 3 Anhänger hinter den Lm96- Car** hängen, wenn sie **nicht zu schwer beladen** sind. Bei **Akkubetrieb** kann der **Leistungstransistor eventuell heiß** werden (der „Lastzug“ wird langsamer, bis zum Stillstand). Ein kleiner **Aluminium-Kühlkörper (30 x 15 x 2 mm)** muss angeschraubt werden.



# Schablonen in Originalgröße

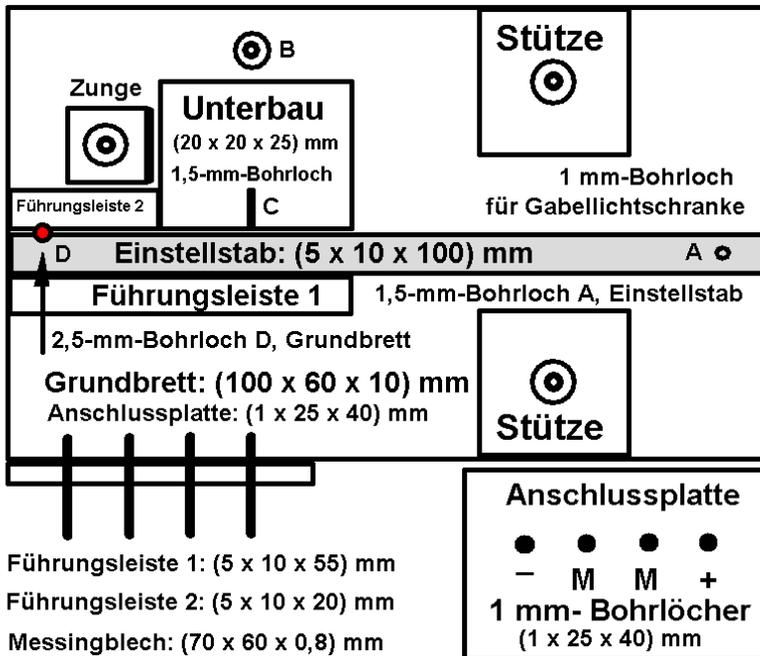
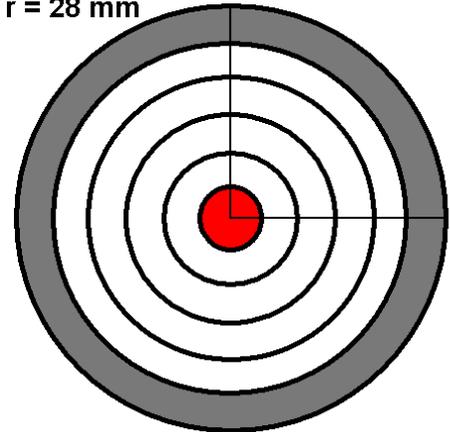


r = 22 mm



r = 17 mm

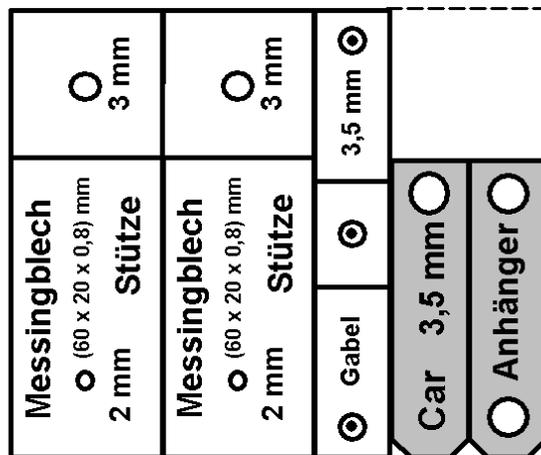
r = 28 mm



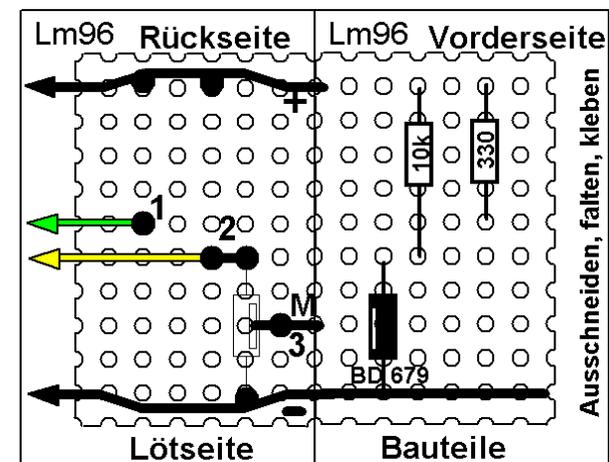
Führungsleiste 1: (5 x 10 x 55) mm

Führungsleiste 2: (5 x 10 x 20) mm

Messingblech: (70 x 60 x 0,8) mm



Weißblech: (45x 10 x 0,18) mm

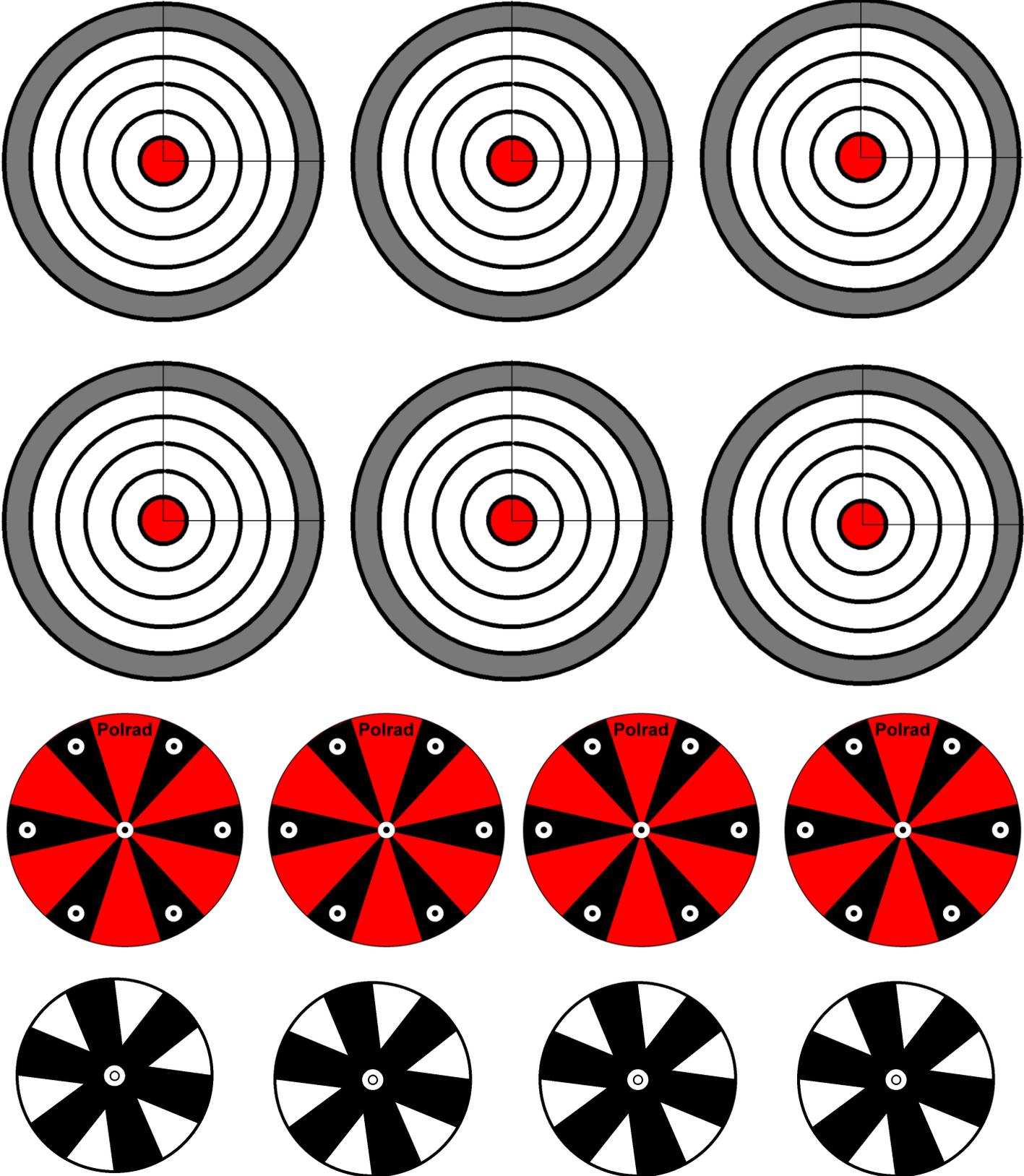


Faltblatt, Platine

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.

# 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](http://www.business.conrad.de)

Widerstände	Bestellnummer	Bestellempfehlung
1. 560 Ohm	40 40 12-12	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](http://www.traudl-riess.de)

1. Trans. BD 677/679	18.181.0		17 Stück
2. Zyl.Schr. M3x25	21.011.0		1 Pack
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. Löt draht 1kg	17.030.0		1 kg
7. Muttern M3	21.014.0		1 Pack
8. Zyl.Schr. M3x20	21.107.0		1 Pack
9. Zyl.schr. M3x12	21.106.0		1 Pack
10. Kupferdraht	09.104.0	Kupferdraht, versilbert: 0,8mm	1 Ring
11. Beilagscheiben	21.017.0	oder Unterlegscheiben	1 Pack
12. Kupferlackdraht	19.017.0	0,3mm; auf Spulen	8 Spulen
13. Gabellichtschranke	40.054.0		17 Stück
14. Messingblech	09.005.0	0,8mm; 400 x 200mm	1 Stück
15. Weißblech	09.011.1	0,18mm; 373 x 318mm	5 Stück
16. Schwarzblech	09.012.1	Dauermagneten, aufkleben	5 Stück
17. Permanentmagneten	19.404.0		100 Stück
18. Spulenkörper	19.713.1		17 Stück
19. Spulenkerne	19.014.1		17 Stück
20. Leisten (5 x 10) mm	08.013.0	Stellstäbe	25 Stück
21. Leisten (15 x 20) mm	08.020.0	für Radträgerleisten	25 Stück
22. Leisten (20 x 20) mm	08.021.0	Unterbau	25 Stück
23. Pinzetten	14.622.0	für Elektronik-Feinarbeiten	15 Stück
24. Batteriekästen	19.423.0	für 3 x Mignonzelle 1,5 Volt	15 Stück
25. Messingbuchsen	19.414.0	außen: 4mm; innen: 3,1mm	2 Pack
26. Hinterräder	08.035.0		1 Pack
27. Vorderräder	08.027.5		1 Pack
28. Maulschlüssel	14.118.0	5,5mm für M3 und 7mm für M4	15 Stück
29. Sperrholz 1,5mm	08.071.0	250 x 500mm	1 Platte
31. Lochraster-Plat.	19.132.0	(Lötringe zur Bauteileseite)	1 Stück
32. Distanzscheiben	35.058.5	2 mm für Motorachse	1 Pack
33. Senkkopfschrauben	21.156.0	im Text: Se (2 x 10) mm	1 Pack
34. Senkkopfschrauben	21.147.0	im Text: Sk (1,6 x 10) mm	1 Pack
35. Aluminiumblech	09.007.0	für Kühlblech	1 Stück
36. Eisendraht	09.022.0	für Achse	1 Pack

Von örtlichen Firmen: Sperrholz: 10 mm, 4mm und Filzstifte