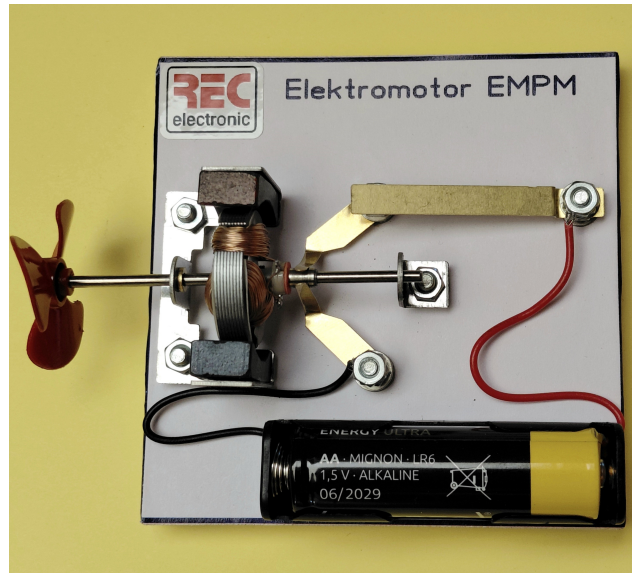


Mit diesem Bausatz (**lötfreier Aufbau**) bauen wir einen Elektromotor mit Permanentmagneten, der durch eine Batterie betrieben wird. Bei unserer Bausatzbeschreibung die sowohl den praktischen Aufbau als auch die theoretische Einbettung berücksichtigt liegt dem Bausatz bei. Dabei wird explizit auf den Unterschied zwischen Permanentmagnetmotoren und selbst-erregten Motoren eingegangen – in einer didaktisch aufbereiteten, verständlichen Form. Für den Aufbau des Elektromotors ist eine mechanische Bearbeitung der mitgelieferten Holzgrundplatte erforderlich. **Wenn der Bausatz mit vorgebohrter Grundplatte-Holzbrettchen geliefert wurde (Bestellnummer: EMPM-GB), entfällt der Aufbauschnitt 2 und 3.**



Funktionsbeschreibung

Unser Elektromotor mit Permanentmagneten wandelt elektrische Energie in mechanische Drehbewegung um. Er arbeitet nach dem Prinzip der elektromagnetischen Wechselwirkung. In unserem Modellbausatz besteht der Motor aus den folgenden Hauptkomponenten:

- einem **Rotor (Anker)** mit Spulenwicklung (Dreifachanker),
- zwei feststehenden **Permanentmagneten** als Stator,
- einem **Kommutator (Polwender)**,
- sowie **Bürsten**, die den Strom in den Rotor einspeisen.

Sobald über die **1,5-Volt-Batterie** Strom in den Stromkreis eingespeist wird, fließt elektrischer Strom durch die Wicklungen des Rotors. Dieser Strom erzeugt ein **elektromagnetisches Feld**, das in Wechselwirkung mit dem Magnetfeld der Permanentmagneten tritt. Dadurch entsteht eine **Kraftwirkung auf den Rotor**, die diesen in Drehung versetzt (Lorentzkraft). Der **Kommutator** sorgt dabei durch ständige Umpolung des Stroms im Rotor dafür, dass sich die Drehrichtung des Magnetfelds mit dreht – und somit eine **kontinuierliche Rotation** entsteht. Die **Bürsten** aus Federmessing stellen den Kontakt zwischen dem feststehenden Schaltkreis und dem rotierenden Kommutator sicher – sie übertragen den Strom mechanisch und elektrisch auf den Rotor.

Hinweis zum Reihenschlussmotor (nur zur Einordnung, nicht Teil des Bausatzes)

Im Gegensatz zu unserem im Bausatz verwendeten Elektromotor mit Permanentmagneten, bei dem das Magnetfeld dauerhaft durch Magnete erzeugt wird, benötigt ein sogenannter Reihenschlussmotor zusätzlich eine stromdurchflossene Feldwicklung. Diese Erregerwicklung erzeugt das notwendige Magnetfeld und erfordert einen deutlich höheren Strombedarf. Der Reihenschlussmotor ist deshalb energetisch aufwändiger im Vergleich zu einem Permanentmagnetmotor, der ohne zusätzliche Erregerleistung auskommt.

In unserem Lernbausatz hingegen arbeiten wir **bewusst mit einem Permanentmagnet-Motor**, da er einfach aufgebaut ist, keine Fremderregung benötigt und **ideal für den batteriebetriebenen Kleinstbetrieb** geeignet ist.

Vorbereitung und Kontrolle

Bevor mit dem Aufbau des Bausatzes begonnen wird, ist eine sorgfältige Vorbereitung unerlässlich, um einen reibungslosen und effizienten Arbeitsablauf sicherzustellen:

1. Stücklistekontrolle:

Überprüfen Sie sämtliche Bauteile anhand der Stückliste auf **Vollständigkeit und Unversehrtheit**. Fehlende oder beschädigte Teile sind umgehend zu melden, bevor mit der Montage begonnen wird.

2. Werkzeug- und Maschinenvorbereitung:

Stellen Sie sicher, dass alle erforderlichen Werkzeuge und Maschinen in betriebsbereitem Zustand vorliegen. Dazu gehören unter anderem:

- Schraubendreher (Kreuzschlitz) PH 1
- Kabelschlüssel SW5,5 (für M3 Mutter)
- Spiralbohrer (je nach Bauschritt, z. B. Ø 3,1–3,3 mm ist nur bei ungebohrter Grundplatte-Holzbrettchen nötig)
- Schraubstock oder Spannvorrichtung (Holzbrettchen) sicher fixieren.
- Schutzbrille
- Haarnetz
- Bastelkleber
- Papierschere
- Ständerbohrmaschine nur bei ungebohrter Grundplatte-Holzbrettchen nötig
- ggf. eine Werkbank mit geeigneter Auflagefläche

Hinweis: Eine gute Vorbereitung minimiert Risiken, erhöht die Präzision und unterstützt ein professionelles Ergebnis – ganz nach dem Motto: „**Gutes Handwerk beginnt mit guter Planung.**“

Allgemeine Aufbautechniken – Schritt 1-5

Aufbau – Schritt 1: Vorbereitung des Holzbretts und Anbringen der Bohrvorlage. Der Vorgang ist nur bei ungebohrter Grundplatte-Holzbrettchen durchzuführen

Bohrvorlage ausschneiden: Schneide die Bohrvorlage entlang der Markierungslinien sorgfältig mit einer Schere aus. Achte auf saubere, glatte Kanten sie sind entscheidend für die Passgenauigkeit.

Holzbrett vorbereiten: Prüfen die Kanten des Holzbrettchens. Sind dort Fasern oder Splitter, bearbeiten diese Stellen vorsichtig mit **Schleifpapier** (Körnung z. B. 180–240), bis die Kanten sauber sind.

Bohrvorlage aufkleben: Trage einen gleichmäßigen Klebefilm (z. B. Klebestift oder dünnflüssiger Bastelkleber) auf die Rückseite der Bohrvorlage auf. Positioniere sie **exakt und winkelgenau** auf dem Holzbrettchen.

Trocknungszeit einhalten: Lasse den Klebstoff vollständig trocknen, bevor du mit weiteren Arbeitsschritten fortfährst – so vermeidest du ein Verrutschen der Bohrvorlage.

Hinweis: *Wenn der Bausatz mit vorgebohrter Holzgrundplatte-Holzbrettchen geliefert wurde (Bestellnummer: EMPM-GB), entfällt der Aufbauschnitt 2 und 3.*

Aufbau – Schritt 2: Markieren der Bohrpositionen mit einem Vorstecher

Vorbereitung der Markierwerkzeuge: Nimm einen **Vorstecher**, **Stichel** oder alternativ einen **Nagel** zur Hand. Diese Werkzeuge eignen sich ideal, um genaue Druckpunkte ins Holz zu setzen.

Positionierung gemäß Bohrvorlage: Richte dich exakt nach der aufgeklebten Bohrvorlage:

- **6 Bohrpunkte** markieren für die \varnothing 3,1 -3,3 mm Bohrungen der M3 **Schrauben**.
- **1 zusätzlicher Punkt** für die **Holzschraube des Batteriehalters**.

Eindrücken der Bohrpunkte: Drücke mit dem Werkzeug **senkrecht und mit kontrolliertem Druck** an jeder markierten Stelle eine **deutliche Vertiefung** in das Holz.

Ziel dieses Arbeitsschrittes: Diese Vorprägung dient der **sauberen Führung für den Spiralbohrer sowie Holzschrauben**, sodass beim Bohren oder Schrauben verrutscht.

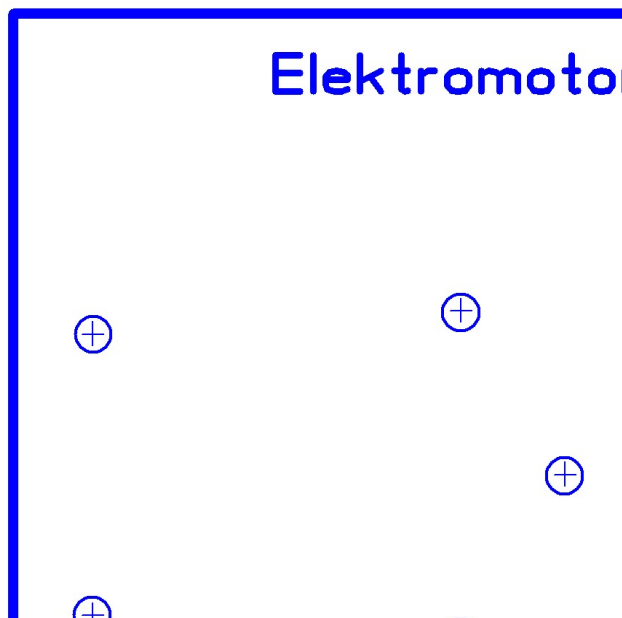
Praxis-Tipp:

Ein gut gesetzter Markierungspunkt erleichtert nicht nur das spätere Bohren – er schützt auch das Werkstück vor unbeabsichtigtem Verlaufen des Bohrers.

Tipp aus der Werkstatt:

Eine gute Vorbereitung sorgt für präzise Bohrungen und erleichtert den gesamten Aufbauprozess. Nimm dir hier ruhig etwas mehr Zeit – das zahlt sich später aus.

Bohrvorlage / Positionsvorlage



Aufbau – Schritt 3: Bohren der Befestigungslöcher mit Spiralbohrer

Werkzeugwahl und Vorbereitung:

Verwende einen **Spiralbohrer mit einem Durchmesser von 3,1 mm bis 3,3 mm**. Dieser Durchmesser ist optimal auf **M3-Schrauben** abgestimmt und ermöglicht eine präzise und sichere Verschraubung.

Bohrvorgang: Bohre die **sechs markierten Positionen** für die **Befestigungsschrauben** exakt durch das Holzbrettchen hindurch. Der Vorgang ist nur bei ungebohrter Grundplatte-Holzbrettchen durchzuführen

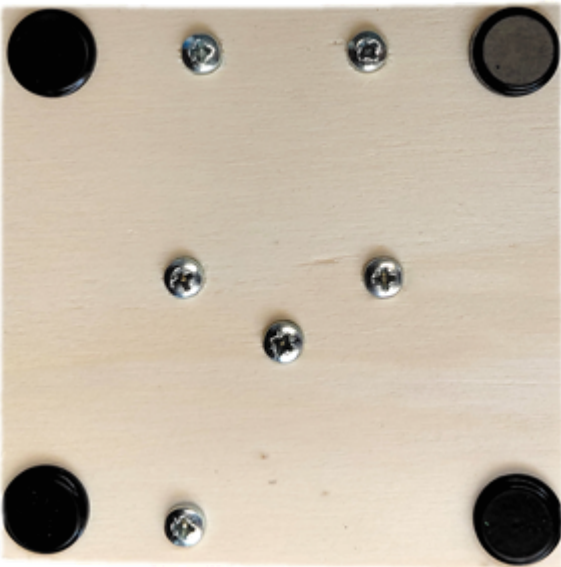
► Achte dabei auf senkrechte Führung des Bohrers und auf gleichmäßigen Vorschub.

Sicherheitsvorkehrungen beim Bohren: Beim Arbeiten mit einer **Ständerbohrmaschine** sind zwingend die **geltenden Sicherheitsvorschriften** zu beachten:

Unfall- und Schadensverhütung: Vor dem Einsatz der Maschine müssen **alle Schülerinnen und Schüler** durch das Lehrpersonal **sowohl theoretisch als auch praktisch unterwiesen** werden.

Betrieb nur unter Aufsicht: Das Bedienen von Maschinen erfolgt **grundsätzlich nur unter Aufsicht der Lehrkraft**. Eigenmächtiges Arbeiten ist untersagt.

- **Persönliche Schutzausrüstung (PSA):** Lange Haare sind zu binden (Haarnetz), Schmuck und lose Kleidung zu entfernen, Schutzbrille empfohlen. Werkstücke stets sicher fixieren. Zur Info: Lange Haare müssen durch ein **Haarnetz** oder eine Mütze gegen Einziehen und Erfasst werden beim Bohren gesichert beziehungsweise geschützt werden.



Ziel dieses Schrittes: Saubere und maßhaltige Bohrungen sichern die Passgenauigkeit der späteren Verschraubungen und bilden die Grundlage für die mechanische Stabilität des Bausatzes.

Merke: Sicherheit geht immer vor – technisches Arbeiten in der Schule ist nicht nur ein Lernfeld, sondern auch ein Übungsfeld für verantwortungsvolles Handeln.

Aufbau – Schritt 4: Montage der Schrauben und GummifüÙe

Nach dem erfolgreichen Bohren der sechs Befestigungslöcher gemäß Schritt 3 erfolgt nun die Montage der M3x16-Schrauben zur stabilen Fixierung Aufbauelemente.

1. Einsetzen der Schrauben:

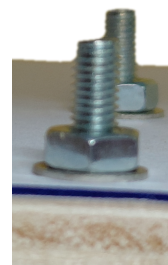
- Führen Sie **jeweils eine M3 x 16 - Schraube** von **unten durch die gebohrten Löcher** im Holzbrettchen ein. **Achten Sie darauf**, dass der Bohrplan auf der Oberseite des Brettchens noch fest verklebt ist.

2. Montage auf der Oberseite:

- Platzieren Sie auf jede herausstehende Schraube **eine M3-Unterlegscheibe**. Schrauben Sie anschließend **eine M3-Mutter** auf und ziehen Sie diese handfest an.

3. Werkzeugempfehlung für die Verschraubung:

- Verwenden Sie **von der Unterseite einen Kreuzschlitzschraubendreher PH1**. Halten Sie **von oben mit einem Schraubenschlüssel SW 5,5** gegen, um ein Verdrehen zu vermeiden. Ziehen Sie die Verbindung **gleichmäßig und fest an**.



4. Anbringen der GummifüÙe:

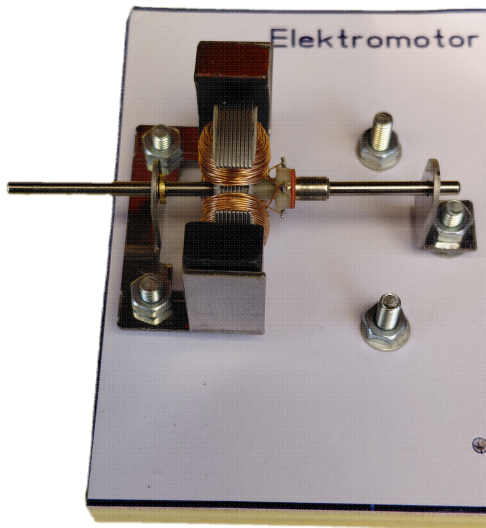
- Drehen Sie das Brettchen auf die Unterseite, an jede Ecke **einen Gummi Fuß (je nach Ausführung rund oder quadratisch) kleben** – achten Sie dabei auf saubere Fläche. So ist optimale Haftung und **sicherer Stand gewährleistet**.

Aufbau – Schritt 5: Montage von Stator, Rotor und Lagerwinkelblech

In diesem Montageschritt wird die zentrale Antriebseinheit – bestehend aus **Rotor (Dreifachanker)**, **Stator mit Permanentmagneten**, sowie dem **Lagerwinkelblech mit Führungsbohrung** – in der korrekten Reihenfolge auf die vorbereiteten Schraubgewinde des Grundbretts montiert.

1. Einsetzen des Rotors in das Stator Blech mit den Permanentmagneten:

- Führen Sie die Welle des Rotors (Dreifachanker) – auf der Seite mit dem Messingführungsring auf der Welle – vorsichtig in die Lagerbohrung des Stator Bleches mit Permanentmagneten ein.
- Achten Sie darauf, dass der Rotor leichtgängig und spannungsfrei in das Stator Blech eingeführt wird.



2. Positionierung des Lagerwinkelblechs:

- Im Anschluss wird die andere Seite der Rotorwelle, also die Seite mit dem Kommutator (Polwender), von unten in die Führungsbohrung des Lagerwinkelblechs eingeführt.
- Dabei zeigt der Radius des Lagerwinkelblechs nach oben.
- Beide Baugruppen – Stator mit Rotor sowie das Lagerwinkelblech mit eingefädelter Rotorwelle – werden nun gemeinsam auf die vorhandenen Schraubgewinde aufgesteckt, die aus dem Holzbrettchen ragen.

3. Ausrichtung und Endmontage:

- Achten Sie auf eine korrekte Ausrichtung und Parallelität der Bauteile zur Grundplatte.
- Die Rotorwelle sollte sich bereits jetzt frei drehbar bewegen lassen, ohne zu verkanten oder zu schleifen.

4. Fixierung mit Muttern:

- Die wird von oben mit M3-Muttern auf den Schraubgewinden befestigt.
- Verwenden Sie einen Schraubenschlüssel SW 5,5, um die Muttern gleichmäßig und vorsichtig anzuziehen, ohne die Lagerung zu verspannen.

Praxis-Tipp:

Eine kurze manuelle Drehprobe der Rotorwelle nach der Montage zeigt sofort, ob alle Komponenten spannungsfrei ausgerichtet sind – eine wichtige Voraussetzung für den späteren Betrieb.

Aufbau – Schritt 6: Montage der Motorbürsten aus Federmessing

In diesem Arbeitsschritt werden die zwei Federmessingbürsten (Federmessing Blech) an den vorgesehenen Positionen auf dem Holzbrettchen montiert. Die Bürsten dienen der elektrischen Kontaktierung des Kommutators (Polwenders) und sind entscheidend für die Funktion des Motors.

1. Positionierung der Bürsten gemäß Bildansicht:

- Suchen Sie die Montagestellen für die Bürsten auf dem Holzbrettchen.
- Die Bürsten bestehen aus Federmessingblech und verfügen jeweils über eine Montagebohrung.

2. Biegung der Kontaktstreifen anpassen:

- Im Auslieferungszustand sind die Bürsten im rechten Winkel (ca. 90°) abgewinkelt.
- Um einen definierten Anpressdruck auf den Kommutator zu gewährleisten, müssen die Bürsten vorsichtig noch ca. 10°-20° auf ca. 100°-110° gebogen werden.
- Diese Nachbiegung sorgt dafür, dass die Bürsten nach dem Festschrauben leicht an den Kommutator drücken, ohne ihn zu blockieren oder übermäßig zu belasten.

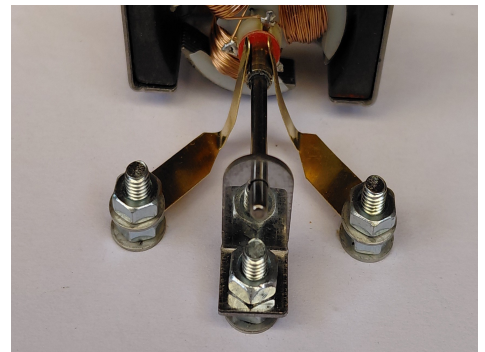


3. Montage der Bürsten:

- Setzen Sie jeweils eine Bürste auf die entsprechende Gewinde M3 auf der linken bzw. rechten Seite des Motors.
- Achten Sie dabei auf die richtige Ausrichtung – es gibt eine linke und eine rechte Bürste, welche spiegelbildlich montiert werden müssen.

4. Fixierung der Bürsten:

- Befestigen Sie jede Bürste mit je einer Unterlegscheibe und einer M3-Mutter.
- Ziehen Sie die Muttern fest mit dem Schraubenschlüssel SW 5,5 an – nicht zu stark, um das dünne Messingmaterial nicht zu beschädigen.



5. Funktionsprüfung – Andruck auf den Kommutator:

- Nach der Montage sollten die Bürsten **leicht federnd gegen den Kommutator drücken**.
- Eine manuelle Drehprobe des Rotors zeigt, ob die Bürsten gleichmäßig anliegen und den Rotor nicht blockieren.

Praxis-Tipp:

Vermeiden Sie übermäßiges Biegen – das Federmaterial hat nur einen begrenzten elastischen Bereich. Ein gleichmäßiger Anpressdruck ist entscheidend für gute Stromübertragung bei geringem Verschleiß.

Aufbau – Schritt 7: Montage des Schalters und Anschluss des Batteriehalters

Im finalen Montageschritt erfolgt die Herstellung des Stromkreises durch das Anbringen eines Kontaktstreifens als Schalter sowie die Befestigung und elektrische Verbindung des Batteriehalters.

Montage des Federstreifens (Schalter): Befestigen Sie den Federstreifen aus Messing, der als EIN-Taster dient, an der vorgesehenen Stelle mit einer M3-Mutter auf dem entsprechenden Gewinde. Ziehen Sie diese Mutter mit einem Schraubenschlüssel SW 5,5 fest an. Achten sie darauf, dass ein Abstand von ca. 2-4 mm zwischen dem Ende des Federstreifens und der Kontaktstelle (Befestigungsschraube der oberen Motorbürste) gegeben ist. Gegebenenfalls zurechtbiegen.



Batteriehalter: Mit der Holzschraube 2,9 x 6,5 wird dieser auf dem Holzbrettchen befestigen. Anschlusslitzen ca. 10 mm abisolieren und die Litzen verdrehen eine kleine Öse formen, damit sie diese sicher unter den M3 Muttern festklemmen können.

Anschluss des roten Litzenanschluss (Pluspol) vom Batteriehalter: Setzen Sie auf denselben Schraubbolzen der Befestigung vom Federstreifen eine zweite M3-Mutter auf und klemmen Sie dabei den rot markierten Pluspol-Anschlusslitze des Batteriehalters mit unter. **Anschluss des schwarzen Litzenanschluss (Minuspol) vom Batteriehalter:** Der schwarz markierte Minus- Litzenanschluss wird ebenfalls abisoliert, verdrillt und mit einer Öse versehen und ebenfalls mit einer Mutter an der Befestigung der Unteren Motor Bürste untergeklemmt. Zum Abschluss der Aufbauarbeit stecken wir den Propeller mit axialem Gegendruck auf die Motorwelle.

Stückliste

- 1 Stator Blech mit Permanentmagneten
- 1 Lager-Winkelblech 14 x 8,5 x 8 x 0,8 mm
- 1 Propeller
- 1 Rotor (Dreifachanker) bewickelt komplett mit Achse und Führungsring sowie Kommutator (Polwender)
- 2 Federmessingbürsten (linke und eine rechte (Federmessing Bleche)
- 1 Kontaktstreifen mit Bohrung (EIN-Taster)
- 1 Holzbrettchen 80mm x 80 mm x 8mm
- 6 Kreuzschlitzschraube M3 x 16
- 9 Unterlegscheiben A3
- 14 Stahl-Mutter M3
- 1 Holzschraube 2,9 x 6,5 mm (für den Batteriehalter)
- 4 GummifüÙe selbstklebend
- 1 Batteriehalter mit Anschlusslitze
- 1 Mignon Batterie AA
- 1 Ausführliche Bauanleitung mit 7 Blatt A4
- 1 Schüler Arbeitsblatt mit 2 Blatt A4 (extra Blätter zu der Bauanleitung)

Hinweis: Die Bausatzpackung enthält alle Teile wie in der Stückliste aufgeführt.

Zielgruppe: Für Kinder und Jugendliche ab 13 Jahren geeignet.

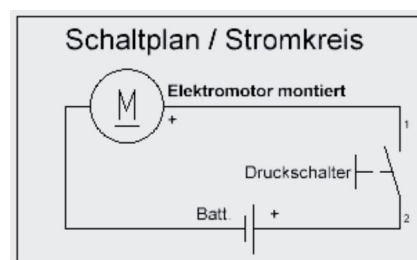
Zeitaufwand: Für den Aufbau des Bausatzes ca. 2,5 - 3 Stunden

Gefahrenquelle: siehe Text Seite 4 / Unfall- und Schadensverhütung.

Vorkenntnisse: Umgang mit Schraubendreher, Vorstecher / Stichel sowie Bohrmaschine Erfahrung.

AbmaÙe: ca. 80 x 80 x 33 mm

Werkzeug, Hilfsmittel sowie Unfall- und Schadensverhütung: Siehe Text auf Seite 4.



Hinweis:

Bei diesem Bausatz handelt es sich nach Fertigstellung nicht um einen Artikel mit Spielzeugcharakter allgemein handelsüblicher Art, sondern um ein Lernmittel als Unterstützung der pädagogischen Arbeit. Der Bausatz darf von Kindern und Jugendlichen nur unter Anleitung und Aufsicht von sachkundigen Erwachsenen gebaut werden.

Für Kinder unter 3 Jahren nicht geeignet, Erstickungsgefahr, da kleine Teile verschluckt werden können.

Die Bauanleitung wurde mit der größtmöglichen Sorgfalt von REC electronic Riedinger Lernmittel entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Alle Angaben in sind unverbindlich.

Viel Spaß beim Technikunterricht wünscht **REC electronic** Ihr Bausatz Hersteller aus dem Odenwald

REC electronic - Ihr Schullieferant für den Technikunterricht- Internet: <http://www.lehrmittel-technik.de>

Sämtliche Rechte - besonders das Übersetzungsrecht - an Text und Bildmaterial vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung von REC electronic Riedinger gestattet.