

Kundenanwendung Nr. 855: Unipolarmotor-getriebenes Schienenfahrzeug

Autor: Oddity Area, Deutschland

Beeindruckendes Experiment zur Lorentzkraft

Dem Projekt „Unipolarmotor-getriebenes Schienenfahrzeug“ liegt die Idee zu Grunde, Unipolarmotoren unauffällig in Wagen-Achsen zu integrieren bzw. die Achsen direkt als Unipolarmotoren auszuführen. Das Fahrzeug kann dabei auf üblichen Modellbahnschienen fahren, wenn diese unmagnetisch sind. Da das Verhältnis zwischen Antriebskraft und in Rotation zu versetzenden Massen umso günstiger wird, je kleiner der Rad-Durchmesser ist, wurde Spur Z gewählt. In jedem Fall entsteht jedoch nur eine so geringe Antriebskraft, dass den Fahrzeugachsen nur Aufbauten von minimalem Gewicht zugefügt werden können. Es lassen sich also keine naturgetreuen Wagen oder Lokomotiven antreiben.

Wie das Schienenfahrzeug in Aktion aussieht, zeigt YouTuber Oddity Area (www.youtube.com/channel/UC5sAKDgDhsNwz3NoA6-7mJQ) auf seinem Kanal:

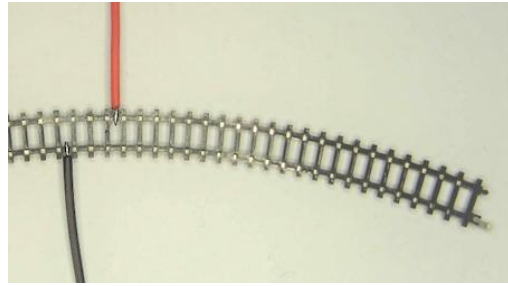
...

ACHTUNG: Es handelt sich um ein reines Spaß-Projekt. Der Strom ist mit 0,4-0,8A pro Achse so hoch (beim Anfahren bzw. an Steigungen noch mehr), dass die Schienen deutlich außerhalb ihrer Spezifikation betrieben werden. Die Abnutzung der Schienen und Radkränze ist durch Funkenbildung hoch; es ist keine lange Lebensdauer zu erwarten! Eine hin und wieder durchgeführte Reinigung der Schienen mit einem Spiritus-getränkten Lappen ist hilfreich. Die Betriebsspannung ist dagegen mit nur ca. 2-5V sehr niedrig, wobei der größte Teil der Spannung in Zuleitungen, Schienen und Übergangswiderständen zwischen Schienen und Radkränzen des Fahrzeugs abfällt.

Die Anordnung darf nur unter ständiger Aufsicht betrieben werden und sollte mit einem robusten, kurzschluss- und überlastfesten, einstellbaren Labornetzteil versorgt werden, welches mindestens 3A liefern kann. Für Fahrzeuge mit mehr als zwei Achsen oder für mehrere Fahrzeuge gleichzeitig muss der lieferbare Strom entsprechend höher sein. Die Geschwindigkeit kann dann beim Fahren über die Einstellung der Spannung oder der Strombegrenzung reguliert werden, was dem Entgleisen vorbeugt. Ein Betrieb mit Batteriezellen ist nicht zu empfehlen; **die Verwendung einer Akkuzelle bzw. eines Akkus darf auf keinen Fall erfolgen**, da beim Anfahren, Blockieren oder Entgleisen der Akku praktisch kurzgeschlossen würde und zerstört werden oder im schlimmsten Fall sogar in Brand geraten kann.

Stromzuführung

Schiene kopfüber legen. Plastik ausschneiden (für besseren Zusammenhalt nicht genau gegenüber, sondern versetzt wie gezeigt). Hochflexible silikonisierte Aderleitungen platt auflöten, Leiterquerschnitt $0,75 \text{ mm}^2$. Etwa pro Meter Gleisstrecke eine Stromzuführung vorsehen. Vom Gleis aus gesehen nach kurzer Leitungslänge über Lüsterklemmen auf preiswertere, z.B. PVC-isolierte Leitung übergehen. Alle Stromzuführungen parallelschalten und mit dem Netzteilanschluss verbinden.



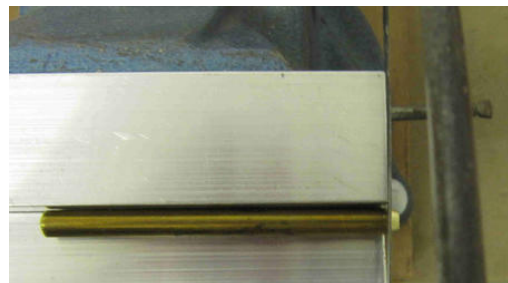
Drehen der Radkränze

ALTE(!) Bohrmaschine mit Lappen umwickelt im Schraubstock befestigen. Messingrohr mit Außendurchmesser 6 mm, Innendurchmesser 5 mm in die Bohrmaschine einspannen. Feile so anlegen, dass über eine Breite von 2 mm die Wandstärke kegelförmig (hier nach links hin) bis auf fast Null abgetragen wird. Feile verschieben, damit nicht nur eine Stelle beansprucht wird.



Wohl dem, der stattdessen Zugang zu einer Uhrmacherdrehbank hat! Damit könnte die gesamte Achse z.B. in zwei oder drei Teilen aus Vollmaterial gedreht werden, ohne dass die im Folgenden erklärte Verlotung mit Kupferfolie und Messingstäbchen notwendig wäre.

Das Bild zeigt den Radkranz vor dem Absägen. Der Grat wird von innen mit einer Rundfeile entfernt, bis sich ein 5 mm-Scheibenmagnet einlegen lässt.

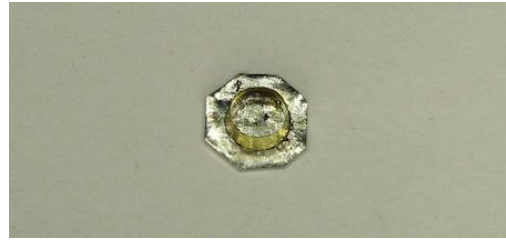


Zu sehen ist ein abgesägter Radkranz und eine bereitliegende vorverzinnte Kupferfolie, die zunächst großzügig bemessen ist. Die Folienstärke beträgt ohne die Zinnschicht 0,1 mm.

Auch die Unterseite des Radkranzes ist bereits vorverzinnt, wie man im Bild erkennen kann.



Der Radkranz muss nun auf die Kupferfolie gelötet werden. Die Folie sollte weiterhin noch großzügig überstehen. Zum Lötén **auf einer hitzeunempfindlichen Unterlage** den Kranz auf der Folie liegend von oben mit einer meißelförmigen Lötspitze aufheizen, bis sich unten die Lötverbindung herstellt. Zwischen Oberseite des Kranzes und Lötspitze Alufolie oder 0,3 mm dünnes Alublech legen, damit der Kranz nicht von oben verzinkt wird oder an der Lötspitze hängen bleibt.



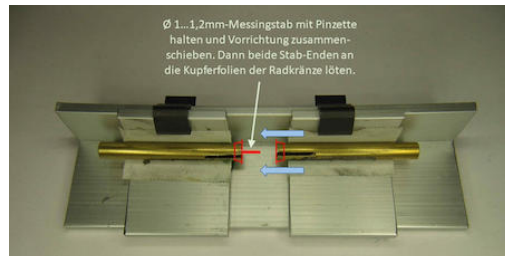
Zentriervorrichtung

Alu-L-Profile sind mit Klammern (hier aufgebogene Kühlkörperklammern für Leistungstransistoren) verschiebbar verbunden. Auf den oberen L-Stücken sind zwei durch Sägeschnitte federnd gemachte Messingrohre, Außendurchmesser 5 mm, Innendurchmesser 4 mm, mit doppelseitigem Teppichklebeband angebracht.



Ein Radkranz ist bereits aufgesteckt (links). Ein zweiter Radkranz muss noch auf die rechte Seite gesteckt werden. Mit einer Pinzette ein Messingstäbchen, Länge gemäß Schienenspurweite ca. 4,5 mm, Durchmesser 1-1,2 mm, dazwischen halten und Vorrichtung zusammenschieben, siehe symbolische Darstellung im folgenden Bild.

Den Messingstab dann zwischen die Radkränze lötén und dabei weiterhin mit der Pinzette festhalten. Er muss nicht genau mittig liegen, denn die Lagerung der Achse wird von außen erfolgen. Am besten wird mit einer möglichst schlanken kegelförmigen Lötspitze gearbeitet.

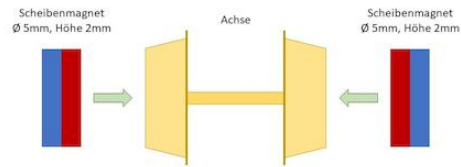


Nach dem Entnehmen der Achse zunächst die Kupferfolie mit einer Nagelschere so abschneiden und anschließend glatt feilen, dass umlaufend ein gleichmäßiger Überstand von knapp 1 mm bleibt. Wellig gewordene Ränder mit einer Flachzange wieder in die platte Form drücken.

Zentriervorrichtung mit symbolisch dargestellter Vorgehensweise: Radkränze und Messingstäbchen sind rot skizziert.

Montage der Magnete

Je einen Neodym-Scheibenmagneten S-05-02-N52N (\varnothing 5 mm, Höhe 2 mm) in die Radkränze kleben, wobei die beiden Magnete auf Abstoßung ausgerichtet sein müssen, d.h. gleiche Magnetpole müssen einander zugewandt sein.



2-Komponenten-Epoxidharzkleber mit Verarbeitungszeit von 2-5 Minuten verwenden.

Bei jeder hergestellten Achse die gleiche Ausrichtung der Magnete wählen, damit jede Achse in die gleiche Richtung fährt. Die Achsen nach dem Einkleben der Magnete nicht mehr erhitzen, da diese sonst ihre Magnetisierung verlieren.

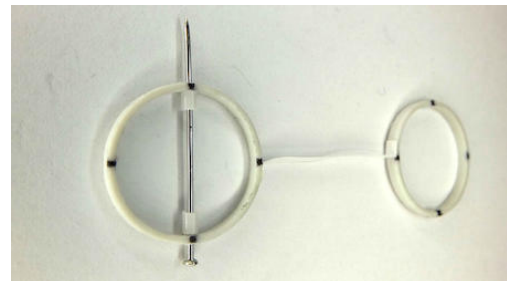
Hier ist die entnommene Achse mit eingeklebten Scheibenmagneten als Nahaufnahme zu sehen. Außen wird nun ein kleines Streifenstück aus ca. 0,3-0,4 mm starkem Nylon mittig auf jeden Magneten geklebt. Dieses darf quadratisch sein, es darf nur nicht überstehen. Es kann z.B. aus einem Streifen geschnitten werden, wie er sich zum Stabilisieren in vielen Hemdkragen findet. Das Nylon dient hier als Lagerschale.



Da die gezeigte Achse bereits in Betrieb war, sind deutliche Kontakt-Abbrandspuren erkennbar.

Basis des Fahrzeugs

Von einem Kunststoff-Installationsrohr mit einem Außendurchmesser von 20 mm werden zwei 2 mm schmale Ringe abgeschnitten. Diese werden dann mit Papierstreifen von 25 mm Länge und Zugabe für Klebelaschen verbunden.



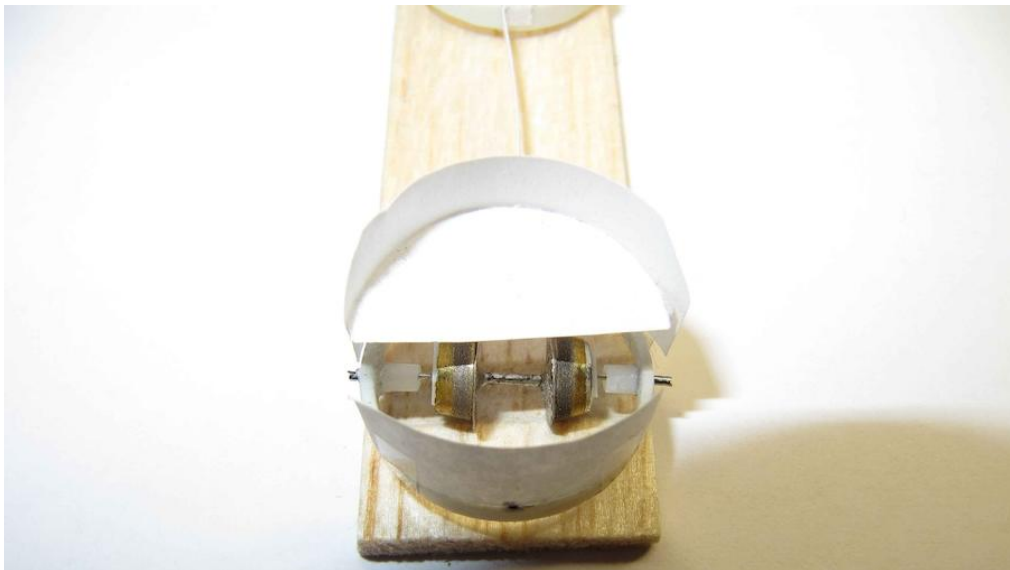
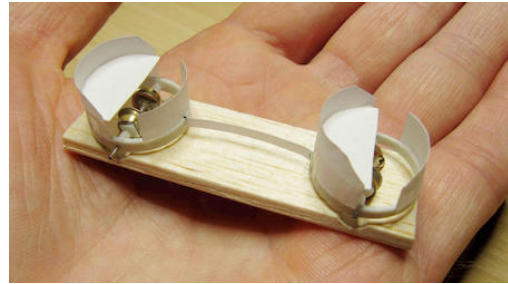
Die Ringe gegenüberliegend mit Durchmesser 0,9 mm durchbohren (vorsichtig mit Bohrer in einem Handgriff, da nach oben und unten nur 0,55 mm Wandstärke bleibt). Innen zwei ca. 2,5 mm kurze Abschnitte aus Modellbau-Bowdenzugrohr, Außendurchmesser 2 mm, Innendurchmesser 0,9 mm einkleben. Deckungsgleiche Ausrichtung mit den Bohrungen erfolgt durch eingeschobene Nadel. Dann Verbindung sparsam mit 2-Komponentenkleber herstellen. Durch die Bohrungen und Bowdenzugröhrchen müssen sich später Stecknadeln leichtgängig schieben lassen, d.h. nach innen gelaufenen Kleber nach dem Aushärten vorsichtig mit Bohrer entfernen.

Komplettes Fahrzeug

Die noch nicht erwähnten Teile des Fahrzeugs bestehen aus Papier und Alleskleber bzw. schmalen Klebestreifen.

Einbau der Achsen

Das Fahrzeug nun mittig über jeweilige bereitliegende Achse halten. Dann ca. 5 mm lang abgekniffene Spitzen von üblichen Stecknadeln mit Edelstahl-Pinzette (da nur schwach magnetisch) von außen in die Bohrungen und die Bowdenzugröhrchen schieben. Diese werden von den Magneten angezogen und setzen von selbst auf den Nylon-Streifchen auf. So entsteht eine äußerst reibungsarme Nadellagerung. Mit der Pinzette dabei den Magneten nicht zu nah kommen, da sonst die Achse an die Pinzette fliegt.



Fahrzeug aufgleisen

Von Hand an hinterer „Sitzbank“ senkrecht nach unten hängen lassen, über das Gleis halten und vorsichtig erst vorderen, dann hinteren Teil aufsetzen. Das Fahrzeug muss sich sehr leichtgängig von Hand hin- und herschieben lassen. Eiert das Fahrzeug, so kann die Position der Nadel-Aufsetzpunkte im Nylon korrigiert werden. Dazu das Fahrzeug auf der Schiene von Hand verschieben, bis die betreffende Seite sich auf maximale Höhe über der Schiene angehoben hat. Dann das Fahrzeug auf dieser Seite mit einem unmagnetischen Stäbchen, z.B. Zahnstocher, am Kunststoffring nach Augenmaß ein kleines Stück nach unten drücken. Den Kunststoffring auf der gegenüberliegenden Seite ebenfalls mit einem Zahnstocher von oben gegenhalten. Die Nadelspitze verschiebt sich dabei kratzend auf dem Nylon. Wenn sie die richtige Position hat, läuft das Lager später im Betrieb von selbst ein. Auf keinen Fall die Nadelspitze in die Nylonoberfläche eindrücken, da das bereits die Reibung zu stark erhöhen würde.

Zu beachten ist, dass auch mit ca. 0,4-0,8 A Strom pro Achse nur winzige Drehmomente entstehen. Das Fahrzeug funktioniert nur, wenn sich die Achsen extrem leichtgängig drehen können. Die Fahrtrichtung wird durch die Polarität des Netzteils bestimmt.

Benötigtes Material

Gleise und Stromversorgung:

- Schienen, Spurweite Z. Diese müssen unmagnetisch sein
- Hochflexible und übliche flexible Aderleitungen sowie (Lüster-) Klemmen; Menge je nach Streckenlänge
- Kurzschluss- und überlastfestes Labornetzteil, Spannung und Strombegrenzung einstellbar, Stromabgabefähigkeit mind. 3A (für ein 2-achsiges Fahrzeug). Die benötigte Spannung beträgt max. 5V

Fahrzeug:

- Neodym-Scheibenmagnete S-05-02-N52N (Ø 5 mm, Höhe 2 mm). Pro Fahrzeug werden 4 Stück benötigt
- Messingrohr, Außendurchmesser 6 mm, Innendurchmesser 5 mm
- Messingstab, Durchmesser 1-1,2 mm
- Kupferfolie, Stärke 0,1 mm
- Nylonstreifen, Stärke 0,3-0,4 mm
- Kunststoff-Installationsrohr, Außendurchmesser 20 mm
- Modellbau-Bowdenzugrohr, Außendurchmesser 2 mm, Innendurchmesser 0,9 mm
- 2-Komponenten-Epoxidharzkleber mit Verarbeitungszeit von 2-5 Minuten
- Stecknadeln
- Papier und Alleskleber

Hilfsvorrichtungen:

- Hitzeunempfindliche Unterlage
- Alu-Winkelprofil
- Klammern, wie sie z.B. zum Halten von Leistungstransistoren auf Kühlkörpern verwendet werden
- Messingrohr, Außendurchmesser 5 mm, Innendurchmesser 4 mm
- Doppelseitiges (Teppich-) Klebeband
- Alufolie oder 0,3 mm dünnes Alublech

Werkzeuge:

- Schraubstock und ausgediente Bohrmaschine
- Metallsäge
- Rund- und Flachfeilen
- LötKolben, mind. 60W, meißelförmige und kegelförmige Lötspitzen
- Nagelschere
- Edelstahlpinzette
- Seitenschneider

Physikalischer Hintergrund

Das Schienenfahrzeug mit Unipolarmotor demonstriert die sogenannte Lorentzkraft (www.supermagnete.ch/magnetismus/lorentzkraft). Diese Kraft tritt auf, wenn sich ein stromdurchflossener Leiter in einem Magnetfeld aufhält. Wenn dieses Experiment zu komplex ist, der findet in der Anwendung "Der einfachste Elektromotor der Welt" (www.supermagnete.hu/ger/project1) eine deutlich einfachere Alternative.

Verwendete Artikel

4 x S-05-02-N52N: Scheibenmagnet Ø 5 mm, Höhe 2 mm (www.supermagnete.hu/ger/S-05-02-N52N)

Online seit: 08.05.2019

Der gesamte Inhalt dieser Seite ist urheberrechtlich geschützt.
Ohne ausdrückliche Genehmigung darf der Inhalt weder kopiert noch anderweitig verwendet werden.