

Der **Linearmotor** stellt eine besondere Bauform des Elektromotors dar. Im Gegensatz zum herkömmlichen Elektromotor ergibt sich der Antrieb hier nicht über eine Rotationsbewegung, die dann evtl. in eine Linearbewegung umgewandelt wird, sondern direkt durch einen **Schub entlang einer geradlinigen oder gekurvten Bahn**. Linearmotoren werden häufig zur Positionierung von Maschinen (z. B. in Schneidanlagen oder in der Verpackungsindustrie) eingesetzt, in Magnetschwebbahnen finden sie als Vortriebsmotor Anwendung.

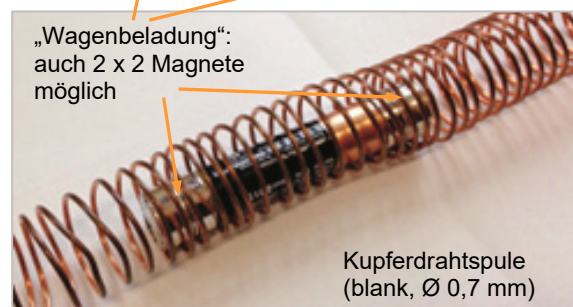
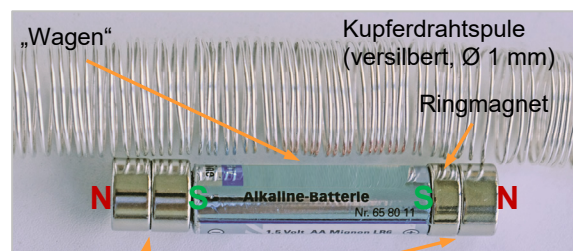
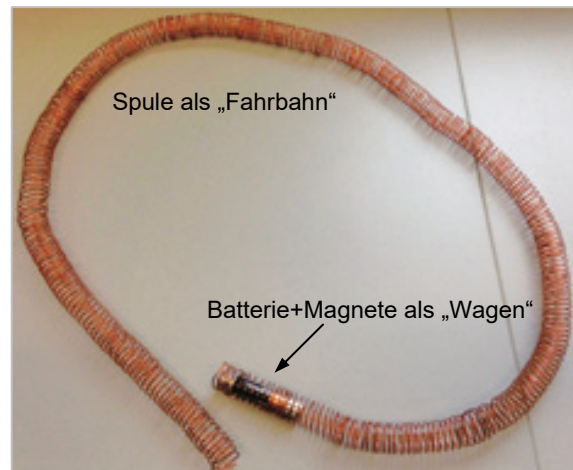
Nachfolgend wird das Modell eines Linearmotors vorgestellt, das aus einfachsten Mitteln hergestellt werden kann und gleichzeitig das Funktionsprinzip eines magnetisch angetriebenen Motors eindrucksvoll verdeutlicht.

Material

- Batterie (z. B. AA-Monozelle) bzw. Akku
- blanker oder versilberter Kupferdraht (Länge > 2 m; Durchmesser ca. 0,7 mm)
- Runder Stab zum Wickeln der Spule (Durchmesser ca. 20 mm), z. B. Besenstiel
- 2 Neodym-Magnete (Durchmesser 15 mm, Höhe 8 mm)
- **Tipp:** 1 - 2 Neodym-Ringmagnete (Durchmesser 15/6 mm, Höhe 6 mm) (zur besseren Fixierung des Neodym-Magnets am Plus-Pol als Zwischenlage)

Aufbau, Durchführung (Achte auf die Erwärmung der Batterie!)

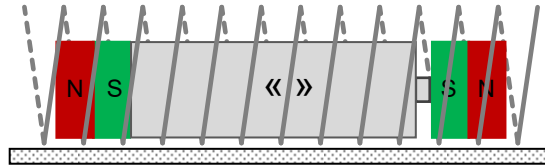
- Die „Fahrbahn“ des hier vorgestellten Modells eines Linearmotors (das gleichzeitig auch das angetriebene Gefährt ist) besteht aus einer blanken Kupferdrahtspule (**enger** Wicklungsabstand!). Diese lässt sich leicht durch das straffe Aufwickeln des Drahts auf einen Rundstab herstellen. Der Innendurchmesser sollte dabei mindestens 20 mm betragen, so dass die Batterie samt Magneten als „Wagen“ locker hindurchfahren kann (siehe Abbildungen). Die Länge der Spule kann frei gewählt werden; eine Fahrbahnlänge ab ca. 1,0 m bietet jedoch den Vorteil, dass man damit eine kreisförmige Streckenführung aufbauen kann.
- Die beiden Supermagnete werden **gegenpolig** an der Batterie angebracht (also z. B. „Nord-Süd-Batterie-S-N“). Um eine bessere Stabilität am Plus-Pol zu erreichen, empfiehlt sich das zusätzliche Einbringen eines Gummirings bzw. die Verwendung eines ringförmigen Magneten als Zwischenlage (siehe Abbildung).
- Positioniere nun den „Wagen“, also die mit den Magneten versehene Batterie, in der Spule und beobachte seine Reaktion. Wiederhole das Experiment mit veränderter Orientierung der Batterie.



Arbeitsaufträge

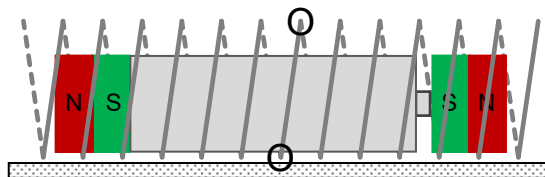
Im Folgenden sollst du die Funktionsweise des eben gebauten Modells eines Linearmotors („Wagenbeladung“ 2 x 1 Magnet) durch zwei unterschiedliche physikalische Herangehensweisen/Sichtweisen verstehen und erklären können.

(1) Sichtweise 1: „Magnetische Polung einer stromdurchflossenen Spule“



- Gib an, in welchem Abschnitt der obenstehend abgebildeten Spule Strom fließt. Ermittle die technische Stromrichtung in diesem Teil der Spule und zeichne sie an der mit dem Zeichen „« »“ markierten Stelle sowie an weiteren Stellen geeignet ein.
- Bestimme die magnetischen Pole der stromdurchflossenen Teil-Spule und trage diese in der Zeichnung geschickt ein.
- Erläutere, in welche Richtung sich nun der „Wagen“, also das System aus Magneten und Batterie, bewegt. Führe mit Begründung zwei Maßnahmen an, durch welche die Bewegungsrichtung umgekehrt werden kann.

(2) Sichtweise 2: „Stromdurchflossener Leiter im magnetischen Feld“



- Zeichne in der Abbildung, insbesondere an den mit dem Kreis „O“ versehenen Stellen, das von den beiden Magneten ausgehende magnetische Feld mit seinen Feldlinien ein.
- Gib an, in welchem Abschnitt der obenstehend abgebildeten Spule Strom fließt. Ermittle die technische Stromrichtung in diesem Teil der Spule und zeichne sie an den mit dem Kreis „O“ markierten Stellen geeignet ein. Ermittle die Richtung der Kraft, die dort auf den Leiter wirkt. Erläutere, was du aufgrund der eben gemachten Überlegungen über die Kräfte auf die anderen Leiterelemente der stromdurchflossenen Teil-Spule aussagen kannst.
- Erkläre nun unter Verwendung des 3. Gesetzes von Newton, in welche Richtung sich der „Wagen“, also das System aus Magneten und Batterie, bewegt.

(3) Führe mit Begründung Kräfte an, die der Bewegung des Wagens entgegenwirken und so zu einer konstanten mittleren Geschwindigkeit des Wagens führen. Erläutere, wie und warum sich dieser Geschwindigkeitswert im Laufe der Zeit verändert.

Hinweise, Literatur und Links

Das hier vorgestellte Modell eines Linearmotors basiert darauf, dass in der Gesamtspule ein wanderndes Magnetfeld auftritt, das sich automatisch mit dem anzutreibenden Gegenstand mitbewegt. Im Gegensatz dazu entsteht bei realen Linearantrieben z. B. das bewegte Magnetfeld durch die gezielte Steuerung der in der Bahn eingebrachten Elektromagnete.

Auf YouTube sind weitere Erläuterungen und Anregungen z. B. unter dem Stichwort *electromagnetic train* zu finden.

Für eine quantitative Behandlung (Oberstufe!) siehe:

H. Wiesner, E. Osterwinter, C. Wiesner: Der Electromagnetic Train, PdN PHYSIK in der Schule, 8/65, S. 13ff, 2016

Weitere Informationen siehe **Handreichung „Technik erleben“**, Transrapid, S. 74ff sowie der dortige Artikel „Die Magnetschnellbahn Transrapid im Experiment“ ([Magnetschnellbahn_Transrapid.pdf](#), u. a. Modell eines synchronen Linearmotors) von M. Uhlenbrock, Dr. V. Nordmeier, Prof. Dr. H. J. Schlichting.

Informationen zur Magnetschwebbahn bei LEIFI-Physik unter

www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/kraft-auf-stromleiter-e-motor/ausblick/transrapid-magnetschwebbahn

