

Kundenanwendung Nr. 490: Supraleiterbahn II

Autor: Florian Römer, Duisburg, Deutschland

Dieser Supraleiter fährt sogar kopfüber!

...

Gerne präsentieren wir unsere Supraleiterbahn, die wir an der Uni Duisburg-Essen (Arbeitsgruppe "Struktur und Magnetismus nanoskaliger Systeme (www.uni-due.de/agfarle/)") realisiert haben. Der ausführliche Bericht zeigt, dass viele Versuche nötig waren, bis die Bahn in der obigen Ausführung realisiert werden konnte.

Anmerkung vom Team supermagnete: Bitte vergleichen Sie dieses Projekt mit unseren "weiteren Supraleiter-Bahnen" (www.supermagnete.de/projects/superconductor).

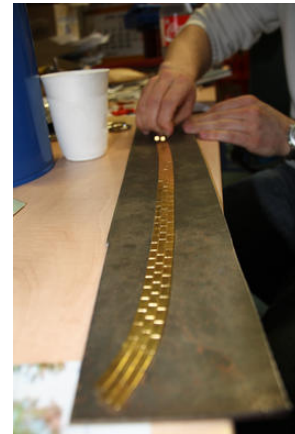
Entwürfe und Vorversuche

Hier unsere erste Teststrecke. Die einfachste Methode, die Magnete zu fixieren, ist, diese auf eine Eisenblech zu legen. Viele günstige Bleche sind magnetisch - am besten einfach mit einem kleinen Magneten in den Baumarkt oder zum Spezialhandel gehen und testen.

Die Magnete werden erst zu einem Stapel zusammengefügt und dann mit den Fingern abgestreift (eine gute Handcreme zur Nachbearbeitung der Hände empfiehlt sich :-)). Dadurch braucht man sich keine Gedanken machen, ob der Magnet auch richtig liegt. Will man die andere Orientierung: einfach den ganzen Stapel umdrehen.

In der linken und rechten Reihe zeigen jeweils die "Nordpole" nach oben, in der Mitte die "Südpole" der Magnete. Nach dem Abstreifen wird der Magnet auf das Blech gelegt und erst dann nahe zu den anderen geschoben, bis diese seitlich "einrasten". Nebeneinander liegende Magnete sollen sich anziehen, voreinander liegende müssen mit etwas Nachdruck zusammengebracht werden.

Hier wird eine runde Strecke angelegt. Sie besteht aus vielen Magneten des Typs Q-10-05-02-G: Quadermagnet 10 x 5 x 2 mm (www.supermagnete.de/Q-10-05-02-G) (2000 Stück wurden eingeplant).



Ein erster Test zeigt: Der Supraleiter schwebt eindeutig auf der Bahn. Man sieht unterhalb des Supraleiters etwas flüssigen Stickstoff, der genau wie Wasser auf einer heißen Herdplatte schwebt.



Präsentation vor Publikum

Schnell wurde klar, dass wir eine größere Teststrecke brauchen. Also sind wir auf die A40, die netterweise an diesem Tag gesperrt wurde. Nun ja, die Testfahrt beschränkte sich auf einen Test der Publikumswirksamkeit.



Der Test war definitiv erfolgreich und supermagnete.de war damit indirekt über den Tisch der Fakultät Physik & CeNIDE der Universität Duisburg-Essen auch auf dem "Stillleben A40" vertreten.



Und auch auf der A40 kann man kopfüber fahren ;-)

Evaluation von Alternativen

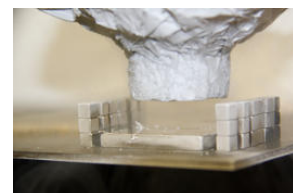
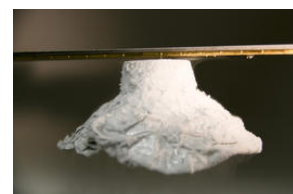
Diese Bahn hat allerdings einen gravierenden Nachteil: Eine wirklich stabile Fahrt ist nur in sehr nahem Abstand möglich

...

... insbesondere, wenn das Ganze auch kopfüber funktionieren soll.

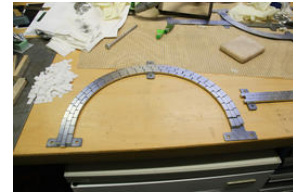
Wir experimentierten daher mit einem Quadermagneten des Typs Q-20-10-05-N (www.supermagnete.de/Q-20-10-05-N) (siehe unten).

Die zuerst verwendeten kleineren Quader haben zwar die gleiche Magnetisierung wie die größeren, aber weil mehr Material vorhanden ist, wird das magnetische Feld insgesamt größer und der Supraleiter schwebt höher. Deswegen haben wir unser Konzept überarbeitet und 1000 x Q-20-10-05-N (www.supermagnete.de/Q-20-10-05-N) bestellt.



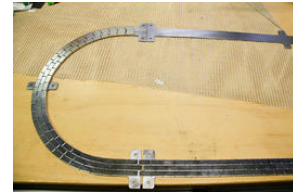
Definitive Bahn

Die erste Kurve der neuen Bahn mit den neuen Magneten ist fertig. Es wurden 2 mm dicke Eisenbleche mit Hilfe eines speziellen Wasserstrahls ausgeschnitten. Die "Flügel" dienen nachher dem Zusammenbau und der Zerlegbarkeit der Bahn.



Es hat sich gezeigt, dass ein nicht-magnetischer Schieber - ähnlich einem Rateau - die Finger schonen. Wir haben uns selbst einen aus Aluminium angefertigt; er ist oben links im Bild zu sehen.

Hilfreich ist eine Antirutschmatte beim vielen Verschieben der Magnete. Prinzipiell hält die Bahn auch schon mit den Magneten zusammen. Aber für den richtigen Zusammenhalt werden später Schraubverbindungen hinzugefügt.



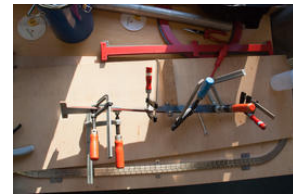
Jeder Magnet wurde mit industriellem Zweikomponentenkleber befestigt. Dadurch wird die Bahn nicht ruiniert, wenn mal ein Schraubendreher oder ein anderes Blech zu nahe an die Bahn kommt.

Durch den Kleber rutschen die Magnete auf dem Blech stark hin und her. Dies macht sich besonders am Ende bemerkbar, weswegen die letzten Magnete mit einer Schraubzwinde und etwas schützendem Holz (unsere Schraubzwingen sind leider magnetisch ;-)) durchgeführt wurde. Hier ist auch nochmal der "Magnet-Rateau" vorne im Bild zu sehen.



Die Bahnen sind zu diesem Zeitpunkt alle nur einseitig mit Magneten bestückt. Es wird die gesamte Bahn jedoch doppelt angefertigt, damit der Supraleiter oben und unten fahren kann. Eine direkte Montage auf einem Blech ist aufgrund der abstoßenden Orientierung der oben und unten liegenden Magnete zu viel Arbeit.

Oben im Bild sind weitere Schienen für die Bahn gezeigt. In rot sind Abstandshalter aus Kunststoff gefertigt worden, damit sich obere und untere Schiene nicht abstoßen. In der Mitte sieht man die Schraube, die das Herzstück der späteren Bahn darstellt und aus einer einfachen Bahn ein Möbiusband macht.



Hier wurden die Eisenbleche zuerst zusammengeschaubt- und geklebt. Mit bereits montierten Magneten wäre vermutlich der eine oder andere gebrochen, wenn man die leicht unterschiedlichen Bleche aufeinander gepresst hätte. Mit industriellem Zweikomponentenkleber wurde das Ganze verbunden und 24 Stunden ausgehärtet.

Anmerkungen zu den verwendeten Supraleitern

Die zuerst verwendeten (siehe oben) hatten zu wenig Halt auf der Bahn. Deswegen wurden auch hier größere mit mehr normalleitenden Bereichen gekauft. Ein Fluxdetektor (www.supermagnete.de/M-04) zeigt die Eigenschaften des Supraleiters:

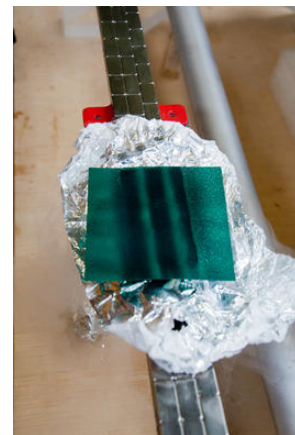
- Schwarz sind die Bereiche, die supraleitend werden können
- Grün sind Bereiche, in denen der Supraleiter nicht die gewünschten Eigenschaften hat (was aber für unsere Zwecke nichts ausmacht)

Die Bereiche sind nur zu sehen, weil wir den Supraleiter in der Mitte mit einer Diamantsäge durchgeschnitten haben und anschließend mit einem Silikonfett versiegelt haben.

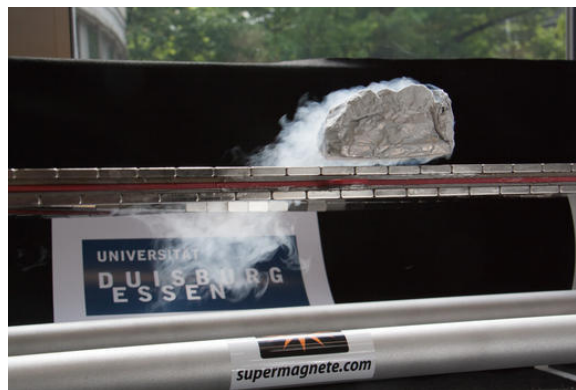
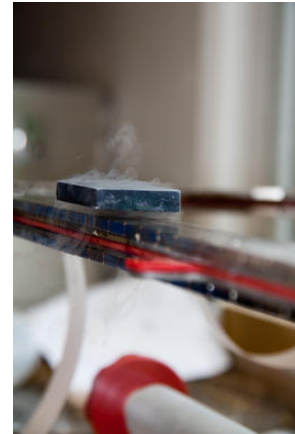
Der Fluxdetektor ist auch hilfreich bei der Kontrolle der Anordnung der Magnete auf der fertigen Bahn. Ohne Magnetfeldgradienten ist er gleichmäßig dunkel.

Legt man diesen Detektor nun in die Magnetfelder, so werden die Feldliniengradienten sichtbar. Hier sieht man an den weißen Bereichen die Reorientierung des Magnetfeldes. Wichtig ist hier zu beobachten, dass in späterer Fahrtrichtung keine Reorientierung sichtbar ist, also durchgängige Streifen zu sehen sind. Dies sind quasi die Schienen des Supraleiters.

Das Verblüffende ist nun folgendes: Den im Feld abgekühlten Supraleiter nimmt man von der Bahn und legt ihn auf eine nicht-magnetische Unterlage. Guckt man sich nun mit dem Fluxdetektor das Streufeld an, so sieht man, dass der Supraleiter ein magnetisches Streufeld besitzt. Dies wird durch die supraleitenden Ströme verursacht (man lese hierzu entsprechende Literatur). Der Supraleiter verhält sich in diesem Fall wie ein Dauermagnet. Man sieht jedoch, dass die Streufelder nicht so schön geordnet sind wie auf der Magnetbahn. Dies liegt an den ungleichmäßig angeordneten supraleitenden Bereichen, die durch normalleitende Bereiche getrennt sind.



Ohne jegliches Zubehör kann dieser abgekühlte Magnet nun auf der Bahn schweben. In der Regel wird jedoch ein mit flüssigem Stickstoff gefülltes Behältnis um den Supraleiter gebaut. Im einfachsten Fall reicht hier eine einfache Alufolie (siehe unten).



Der Supraleiter schwebt oben ...

... und hängt unten.

Man sieht hier gut, dass die Bahn aus 5 Schichten besteht:

- a: Magnete
- b: Eisenblech
- c: Kunststoffabstandshalter
- d: Eisenblech
- e: Magnete



Die Erbauer der Bahn möchten sich ganz herzlich bei Herrn Professor Ludwig Schultz bedanken. Die Grundidee des magnetischen Möbiusbandes haben wir in einem seiner interessanten & spannenden Vorträge gesehen. Außerdem hat er uns freundlicherweise passende Supraleiter zur Verfügung gestellt.

Verwendete Artikel

1000 x Q-20-10-05-N: Quadermagnet 20 x 10 x 5 mm (www.supermagnete.de/Q-20-10-05-N)

M-04: Flux-Detektor klein (www.supermagnete.de/M-04)

Online seit: 26.07.2011

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