

Was ist ein Maglev?

Hochgeschwindigkeitstransporte einst und jetzt

Ein Projekt des BRG Wien 3,
Landstraßer Gymnasium, in Zusammenarbeit mit dem Institut für
Materialphysik der Universität Wien anlässlich des Jahres der Physik 2005

Eisenbahnen einst und jetzt

gestern



Dampf-Lok:
Geschwindigkeit: ca. 40km/h
Leistung: 360 kW
Bremsung: mechanisch
(Druckluftbremsen/Bremsklötze)

D-Lok:
Geschwindigkeit: 140km/h
Leistung: 2000 kW

heute



E-Lok:
Geschwindigkeit: 230km/h
Leistung: 6400 kW
Bremsung: elektrodynamisch

morgen



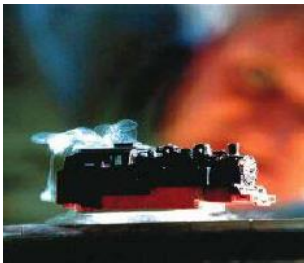
Magnetic Levitation:
Geschwindigkeit: 518 km/h

Und wie wird der gebremst?

518km/h und was dahinter steckt!

Magnetschwebbahn

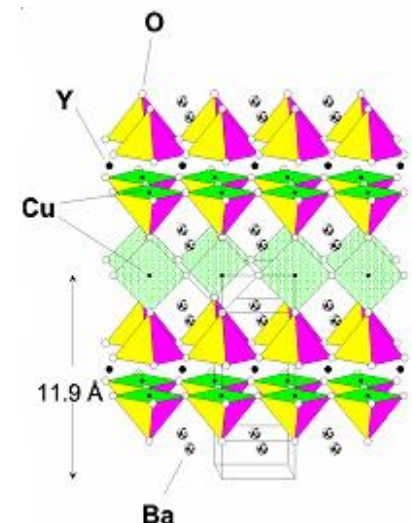
Mit Windows Media Player öffnen!
 Wird als Realversuch durchgeführt!



- der Zug schwebt reibungsfrei über den Schienen!
- Energieverlust nur durch den Luftwiderstand

Das Material:

- HTS (Hochtemperatursupraleiter) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, Sprungtemperatur $T_c=90\text{K}$
- Flüssiger Stickstoff: $T=77\text{K}$
- Magnetschienen



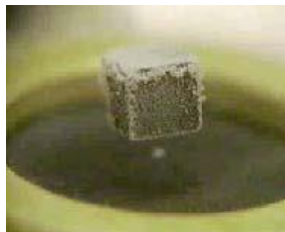
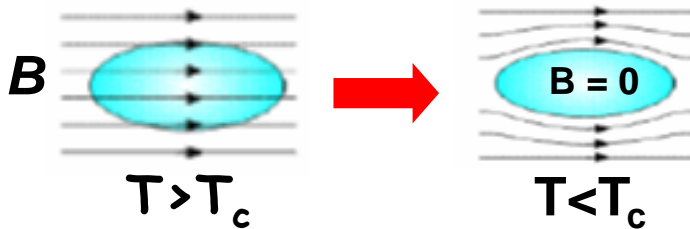
Supraleitung macht's möglich ...

Supraleiter:

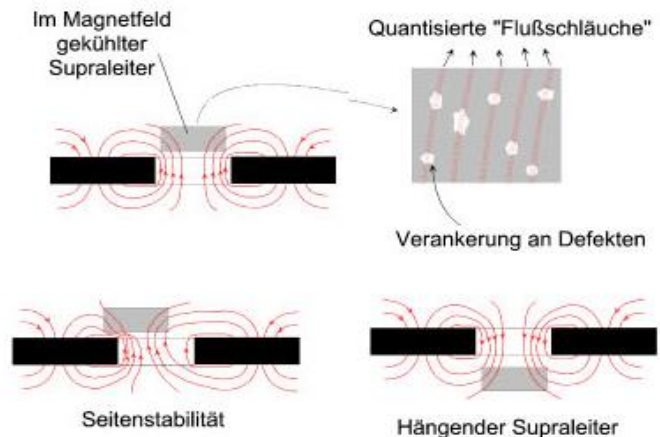
- ↪ verlieren unter einer bestimmten Temperatur T_c (Sprungtemperatur) ihren elektrischen Widerstand
 - ⇒ keine Energieverluste
 - ⇒ elektrische Ströme (Wirbelströme) bleiben erhalten

Meißner-Ochsenfeld-Effekt:

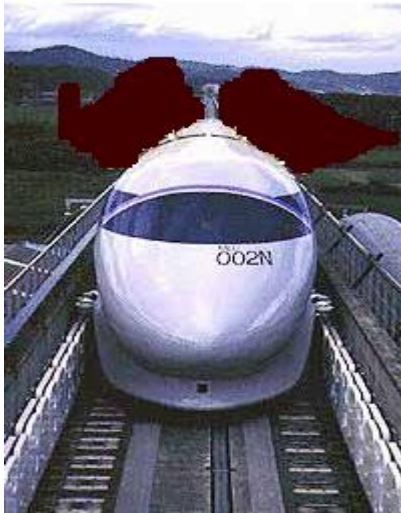
- ↪ Typ I – Supraleiter verdrängen das Magnetfeld völlig



- ↪ Typ II – Supraleiter bündeln das Magnetfeld zu “magnetischen Schläuchen”



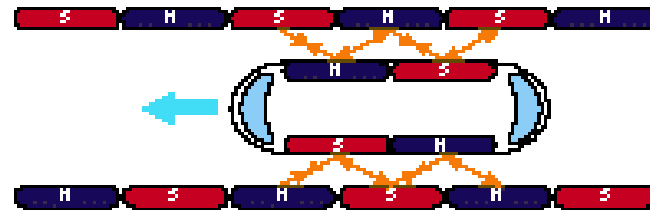
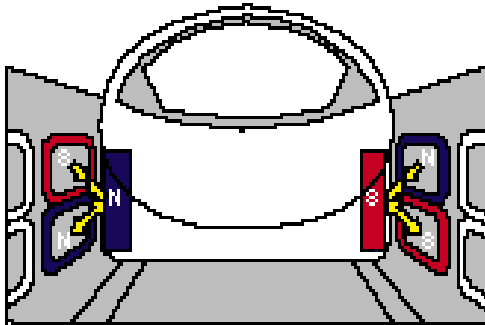
...dass der Maglev funktioniert!



Magnetic Levitation!

Die Seitenwände mit vertikal eingebauten Spulen werden beim raschen Vorbeifahren der supraleitenden Magneten an Bord des Zuges zu entgegengesetzt gepolten Elektromagneten. Der Zug wird gehoben!

Die wechselnde Polung bewirkt Seitenstabilität durch Abstoßung.



Fortbewegung durch magnetische Kräfte!

Antriebsspulen erzeugen ein „wanderndes“ Magnetfeld. Auf die supraleitenden Magnete an Bord abwechselnd anziehende und abstoßende Kräfte.

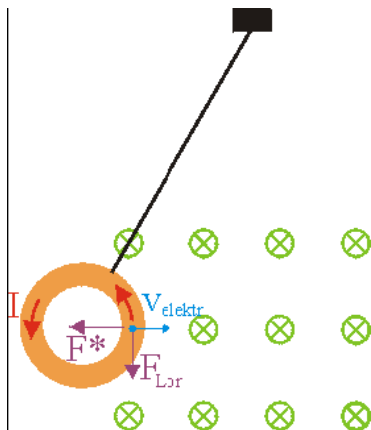
Elektromagnetismus kann noch mehr!

Zauberrohr und Gurkenguillotine :

Die folgenden 3 Versuche werden live präsentiert; sie stellen die bremsende Wirkung von Wirbelströmen dar. (Induktion und Lenz'sche Regel.) Das Phänomen wird schrittweise sichtbar gemacht. Die graphische Darstellung (nächste Folie) ist als Animation zu sehen und dient der „Öffnung der Blackbox“.

Versuch 1: Das Waltenhofensche Pendel wirkt mit einer Rasierklinge versehen zunächst als Schneidegerät; beim Einschalten des Stroms kommt das Pendel scheinbar von selbst zum Stehen.

Versuch 2: Fallende Metallzylinder in Rohren aus verschieden leitendem Material



- Ring tritt in Magnetfeld mit v ein
- Lorentzkraft F_l wirkt auf Elektronen
- Stromfluss I (techn. Stromrichtung)
- Kraft F^* auf Strom durchflossenen Leiter
- $F^* = L I B$ entgegen der Bewegungsrichtung
- Bremswirkung Wirbelstrombremse
- Ring ganz im Magnetfeld: keine Kraftwirkung
- Ring verlässt Magnetfeld mit v
- bremsende Wirkung (siehe oben)



Versuch 3: Wie 2 nur fallen Ringmagneten auf den Rohren außen, wodurch die Bremsung deutlich sichtbar wird.

Elektrodynamische Bremsung durch Wirbelströme!

DAS ZAUBERROHR

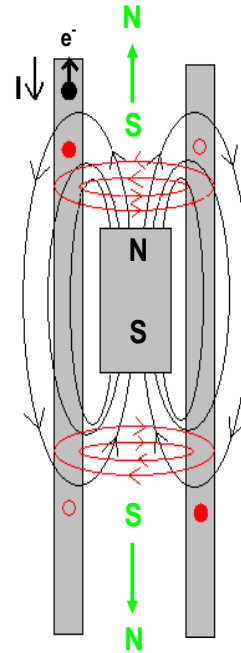
Lorentz-Kraft

$$F = Q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

$$F \approx I \times \mathbf{B}$$

$$F_i = \sum_j j_k I_j B_k$$

$$F_x = I_y B_z - I_z B_y$$



e^- Elektron

I Stromrichtung (relativ)

● Krafrichtung senkrecht in die Bildebene hinein

○ Krafrichtung senkrecht aus der Bildebene heraus

○ Feld des Permanentmagneten

○ induzierte Wirbelströme

↑↓ B - Feld (induziertes Magnetfeld)

Sichtbar werden soll in der angegebenen Reihenfolge:

- das Rohr, dann der sehr langsam fallende Magnet
- bei Bewegungsbeginn des Magneten die Magnetfeldlinien (schwarz) und gleichzeitig das Elektron samt Pfeil für die Stromrichtung (I)
- die roten Punkte für die Krafrichtung
- die roten Ellipsen des Wirbelstroms (möglichst von innen nach außen oben und unten gleichzeitig; wenn von außen nach innen nicht möglich „Erscheinen“)
- gleichzeitig „Erscheinen“ des B-Feldes (grüne Pfeile)
- Beschreibung gleichzeitig mit der jeweiligen Aktion

Bei Abschluss der Aktion: Standbild bis zum Neustart

Wirbelströme bremsen heute unsere Züge!

Und wie wird ein Malger gebremst?

Bitte anklicken!



Ganz einfach - aerodynamisch!

Literatur: <http://www.eisenbahnen.at/triebfahrzeuge/elektro.shtml>
<http://www.weltderphysik.de/themen/bausteine/teilchen/instrumente/HERA/hera/supraleitung/>
<http://www.pit.physik.uni-tuebingen.de/PIT-II/DE/ForEveryone.html>
http://www.rtri.or.jp/rd/maglev/html/english/maglev_frame_E.html
<http://www.physicscentral.com/action/action-01-3c.html>
<http://www.google.at/search?hl=de&q=Waltenhofensches+Pendel+Dyakonov&tnG=Suche&meta>