

## Problemstellung 1:

Ein kleiner Permanentmagnet der Masse  $m$  wird frei durch ein senkrecht stehendes, fixiertes Rohr fallen gelassen. Das Rohr besteht aus einem isolierenden Material wie z.B. Plexiglas. Man beobachtet, dass der Magnet mit derselben Beschleunigung  $g$  fällt wie im Vakuum.

Wenn derselbe Magnet nun durch ein Kupferrohr mit gleichen Maßen fallen gelassen wird, so beobachtet man, dass die Geschwindigkeit geringer als beim freien Fall ist: Der Magnet bewegt sich viel langsamer, so als würde er von einem unsichtbaren Fallschirm gehalten werden. Dies wird in Abb.1 für zwei Stabmagnete dargestellt, die gleichzeitig vom höchsten Punkt der zwei Rohre fallen gelassen werden.

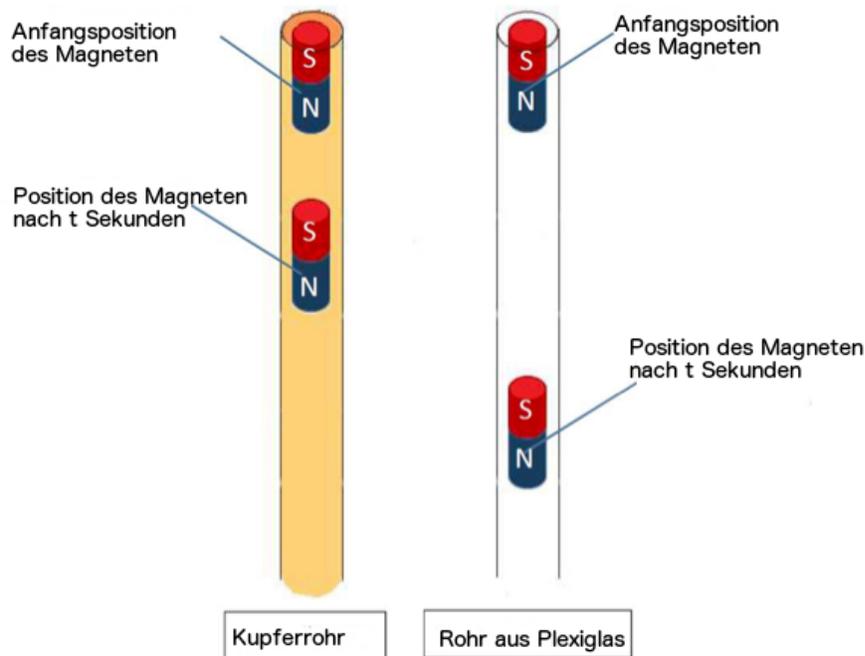


Abbildung 1

Es wirkt nämlich auf den Stabmagneten zusätzlich zur Gewichtskraft eine Kraft, die zur Bewegung entgegengesetzt gerichtet ist und von seiner Geschwindigkeit abhängt.

Um zu verstehen, was passiert, nimmst du Folgendes an: Zu einem bestimmten Zeitpunkt ersetzt du das Metallrohr durch ein Rohr aus Plexiglas und bringst zwei geschlossene Leiterschleifen mit einem Ohm'schen Widerstand  $R$  von  $1,0 \cdot 10^{-3} \Omega$  an, eine über und eine unter dem Stabmagneten, wie in Abbildung 2 gezeigt wird.

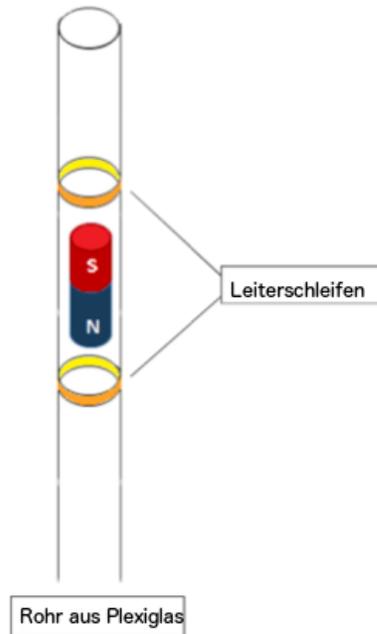


Abbildung 2

1. Zeige, dass auch in diesem Fall die Bewegung des Stabmagneten von einer Bremskraft beeinflusst wird, wie beim Fall durch das Kupferrohr. Erkläre qualitativ die Ursache dieser Bremskraft und begründe, wieso diese von der Geschwindigkeit abhängt. Bestimme und veranschauliche anhand einer Skizze die Richtung der induzierten Ströme in den Leiterschleifen. Erkläre außerdem, wie sich diese Ströme aufgrund der Bewegung des Magneten mit der Zeit verändern. Besprich die Änderungen, die auftreten, wenn der Magnet umgedreht und dann fallen gelassen wird, wenn also Nord- und Südpol vertauscht werden.

Im Labor untersuchst du die Fallgeschwindigkeit des Stabmagneten der Masse  $m = (2,35 \pm 0,01)g$  im Kupferrohr, indem du mit einer Stoppuhr die Fallzeit aus unterschiedlichen Höhen misst.

Die Messwerte werden in Tabelle 1 angegeben, in der  $h$  die Fallhöhe und  $\Delta t$  die Fallzeit darstellen. Die Messgenauigkeit für die Strecken beträgt  $0,1\text{ cm}$ , für die Zeitmessungen  $0,1\text{ s}$ .

$h$ [cm]	$\Delta t$ [s]
80,0	5,7
70,0	5,0
60,0	4,3
50,0	3,6
40,0	2,9
30,0	2,2
20,0	1,5
10,0	0,9
5,0	0,5

Tabelle 1

2. Leite aus den Messwerten in Tabelle 1 die Werte für die Durchschnittsgeschwindigkeiten der Fallbewegung aus den verschiedenen Anfangshöhen ab. Zeichne unter Verwendung dieser Werte ein Diagramm der Durchschnittsgeschwindigkeit in Funktion von der Höhe. Besprich qualitativ den Verlauf und bestimme die Grenzgeschwindigkeit. Nimm hierfür an, dass die Bremskraft  $F_R$  als Kraft angenähert werden kann, die direkt proportional zur Geschwindigkeit ist, also  $F_R = -kv$ . Erkläre durch die gesamte, auf den Magneten wirkende Kraft, wieso während der Bewegung die Geschwindigkeit steigt, bis sie eine Grenzgeschwindigkeit erreicht. Bestimme schließlich den Zahlenwert von  $k$ . Verwende hierfür den Wert der Grenzgeschwindigkeit, den du aus dem Diagramm abgeleitet hast.
3. Beschreibe die Energiebilanz in der angegebenen Problemstellung und zwar sowohl in der Beschleunigungsphase als auch beim Erreichen der Grenzgeschwindigkeit. Berechne, wie viel mechanische Energie am Ende der Fallbewegung in andere Energieformen umgewandelt wurde und gib diese Energieformen an.
4. Betrachte nun die vereinfachte Situation, die zuvor im Punkt 1 vorgestellt wurde, bei der das Kupferrohr mit einem Rohr aus Plexiglas und zwei Leiterschleifen mit Widerstand  $R = 1,0 \cdot 10^{-3} \Omega$  ausgetauscht wird.

Bestimme ausgehend von Betrachtungen zur Leistungsabgabe den Wert des Stromes, der in den Leiterschleifen fließen würde, wenn der Magnet die Grenzgeschwindigkeit im Kupferrohr erreichen würde und wenn dabei der Strom in den zwei Leiterschleifen gleich groß wäre. Verwende diesen Wert um die Änderung des magnetischen Flusses pro Zeiteinheit zu bestimmen, die die Bewegung des Magneten in den Leiterschleifen induzieren würde.

Erkläre außerdem, wieso der Magnet eine höhere Grenzgeschwindigkeit erreicht, wenn das Kupferrohrs (spezifischer Widerstand  $\rho_{Cu} = 1,68 \cdot 10^{-8} \Omega m$ ) durch ein Aluminiumrohr (spezifischer Widerstand  $\rho_{Al} = 2,75 \cdot 10^{-8} \Omega m$ ) ersetzt wird.