

1 Ablauf des Vortrags

- Einleitung/Idee
- Theorie
- Aufbau (Theoretisch/ Praktisch)
- Erwartungswerte
- Durchführung
- Auswertung
- Diskussion
- Anwendungsbeispiele

2 Einteilung des Vortrags

Jonah

- Einleitung/Idee
- Aufbau (Theoretisch/ Praktisch)
- Durchführung
- Auswertung
- Anwendungsbeispiele

Sebastian

- Theorie
- Erwartungswerte
- Diskussion

Stichpunkte für die Diskussion

- Kritik am Aufbau → wenig Variation
- inwieweit wurden die Erwartungen erfüllt
- kritische Dämpfung
- Welche Werte hätte man noch messen können → Optimierung
- Feedback → empfehlen wir den Zusatzversuch?

1 Die Wirbelstrombremse

Wenn ein elektrischer Leiter durch ein Magnetfeld bewegt wird, wird aufgrund der Lorentzkraft ein Strom in ihm induziert. Die Bremsleistung der Wirbelstrombremse basiert auf zwei Ursachen. Zum einen besitzt der Leiter einen elektrischen Widerstand der von der bewegten Ladung überwunden werden muss. Strom der durch einen ohmschen Widerstand fließt erzeugt Abwärme, welche aus der Bewegungsenergie herrührt. Somit wird bei der Wirbelstrombrems die Bewegungsenergie zum Teil in Wärmeenergie umgewandelt. Zum anderen bildet der induzierte Strom wiederum gemäß der Lenzschen Regel ein dem äußerem Feld entgegengesetztes Magnetfeld aus. Die Bremsleistung ist auf diese beiden Vorgänge zurückzuführen. Die Faktoren, die die Bremsleistung direkt beeinflussen sind im Folgendem aufgezählt.

1. Magnetfeldstärke, Ausrichtung des Magnetfeldes und durchflossene Fläche
2. elektrische Leitfähigkeit
3. Geschwindigkeit der Elektronen

Die Magnetfeldstärke lässt sich bei einem Elektromagneten durch Veränderung der Spulen, sowie ihrer Kerne beeinflussen. Zudem hängt die Magnetfeldstärke von dem Spulenstrom ab, der ebenfalls reguliert werden kann.

Nach der Formel für die Lorentzkraft ist die Ausrichtung des Magnetfeldes ebenfalls für die resultierende Bremsfähigkeit wichtig, wobei bei einer vom Magnetfeld senkrecht durchflossenen Fläche die Bremswirkung maximal ist. Desweiteren hat die durchflossene Fläche Auswirkungen auf die Bremsleistung, da durch größere Wirbelströme eine stärkere Bremskraft erzeugt werden kann.

Die elektrische Leitfähigkeit ist eine materialkonstante. Es gilt der Zusammenhang je größer die Leitfähigkeit des Leiters ist, desto größer ist die Bremsleistung. Dies lässt sich daran einsehen, dass bei einer größeren elektrischen Leitfähigkeit der induzierte Strom größer ist, weshalb die produzierte Abwärme gesteigert wird.

Die Geschwindigkeit der Elektronen bezieht sich auf die Relativbewegung zwischen Magnetfeld und Leiter. Der Einfluss dieser Geschwindigkeit lässt sich mit der Lorentzkraft direkt einsehen.

1.1 Vorteile gegenüber mechanischen Bremsen

Die Wirbelstrombremse ist im Vergleich zu mechanischen Bremsen verschleißfrei, da die Bremsleistung nicht durch Kontaktreibung gewährleistet wird. Zudem kann die Bremsleistung präzise eingestellt werden.

2 Erwartungswerte

Anhand der theoretischen Erkenntnisse waren die Erwartungswerte eindeutig. Wir haben wie beobachtet erwartet, dass die Bremsleistung der ungezackten Aluminiumplatte am größten war, verglichen mit den beschnittenen Platten. Zudem haben wir erwartet, dass die Bremsleistung mit der Anzahl der Zacken absinkt.

Ich wuerde schreiben :

Bei unserem Versuch wurden drei Platten des selben Materials mit unterschiedlichen Einkerbungen betrachtet. Da bei einer erhöhten Anzahl an Einkerbungen die Größe der ausbildenden Wirbelströme geringer wird, erwarten wir hier auch eine geringere Bremskraft. Somit sollte die Zeit bis zum Stillstand bei gleicher angelegter Stromstärke bei einer höheren Anzahl an Einkerbungen auch größer sein.

Des weiteren wird bei dem Versuch auch beobachtet, inwieweit die angelegte Stromstärke Einfluss auf die Bremskraft hat. Der Theorie entsprechend müsste bei einer höheren Stromstärke aufgrund der höheren Magnetfeldstärke auch eine höhere Bremskraft auftreten und somit die Zeit bis zum Stillstand geringer sein.

3 Diskussion

Bei der Diskussion dieses Versuches ist zu sagen, dass unsere Erwartungswerte mit den beobachteten Werten übereinstimmen.

Doch es ist anzumerken, dass nicht alle unsere Hypothesen überprüft werden konnten. Der Versuch wurde lediglich mit einem Material, also auch nur einer Leitfähigkeit durchgeführt. Damit konnten wir den Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der Bremsleistung nicht überprüfen. Die Variationsparameter in unserem Versuch bezogen sich ausschließlich auf die Stromstärke der Elektromagneten, sowie die durchflutete Leiterfläche, die durch Schnitte beeinflusst wurde. Möglichkeiten um den Versuch zu optimieren fallen im Nachhinein auf. Es hätten mehrere Materialien überprüft werden können.

Ein weiterer Interessensaspekt wäre es gewesen, zu untersuchen ab welcher Stromstärke die kritische Dämpfung bei den Metallen eintritt. Dafür waren die verwendeten Spulen jedoch nicht belastbar genug, somit sollten nächstes Mal Materialien mit einer höheren Leitfähigkeit oder andere Spulen verwendet werden.

3.1 Feedback

Wir können jedem der überlegt einen Zusatzversuch durchzuführen nur empfehlen die zu machen. Wir haben es als sehr spannend empfunden uns auf diesen Versuch vorzubereiten und fanden es sehr gut, dass wir uns Versuche aus jedem Bereich der Physik aussuchen

konnten. Außerdem hat das Konstruieren des Aufbaues, sowie das Durchführen dieses sehr viel Spaß gemacht.

Wir hatten vor Beginn des Versuches schon eine konkrete Vorstellung, wie der Aufbau aussehen sollte und es war eine Herausforderung diesen Aufbau auch tatsächlich in die Realität umzusetzen.

1 Einleitung und Idee

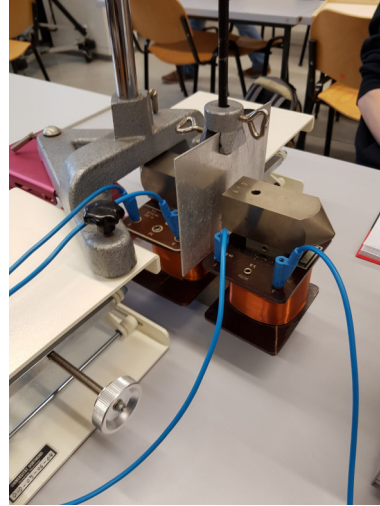
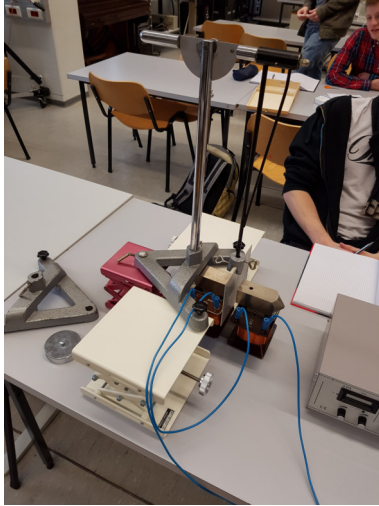
Als es darum ging ein Thema für unseren Zusatzversuch rauszusuchen, haben wir uns eigentlich sofort für die Wirbelstrombremse entschieden. Einerseits gehört sie zu dem Bereich des Magnetismus und wurde in der Physik II schon ausführlich behandelt, so dass wir mit dem Thema schon vertraut waren. Andererseits ist es ein Prinzip, dass auch im Alltag sehr viel Anwendung findet. Somit ist es ein eigentlich sehr allgemeines Thema, dass zu dem auch sehr viele Möglichkeiten für ein Experiment bietet.

2 Aufbau

Wir hatten für unseren Versuch eigentlich einen ziemlich klaren Aufbau im Kopf, den wir bei der tatsächlichen Versuchsdurchführung jedoch etwas abändern mussten. Theoretisch wollten wir uns bei unserem Versuch stark an dem Waltenhofeschen Pendel orientieren. Bis auf ein paar kleine Umänderungen kam unser Aufbau auch ziemlich nahe an dieses Vorbild heran. Grundsätzlich bestand der Aufbau dabei aus nicht allzu vielen Bestandteilen:

- 2 Magnetspulen
- 1 großer U-Eisenkern, 2 kleine Eisenkerne
- 1 Stativ mit Pendel
- 2 große Hebewagen, 1 kleiner Hebewagen
- 1 Stromgenerator
- 3 Aluminiumplatten
- mehrere Stromkabel

Zuerst wurden die beiden Spulen mit einem U-förmigen Eisenkern verbunden und in Reihe an den Generator angeschlossen, um diesen nicht zu stark zu belasten. Um eine möglichst große Durchflussfläche des Magnetfeldes zu erhalten, wurden auf beide Spulen noch zwei weitere Eisenkerne gelegt. Danach wurde das Stativ mit dem Pendel mithilfe der Hebewagen so in Position gebracht, dass das am Pendel befestigte Metallstück frei durch das Magnetfeld bzw. die Lücke zwischen den beiden Eisenkernen schwingen konnte.



3 Durchführung

Zuerst wurde an dem Pendel die Aluminium-Platte ohne Schlitz angebracht. Dann wurde das Pendel zuerst ohne Dämpfung ausgelenkt und die Zeit gemessen, bis das Pendel stehen bleibt. Bei den weiteren Messungen wurde der Strom Stückweise um 0.5 V erhöht bis zu einem Maximalwert von 5 V. Danach wurden die beiden anderen Platten mit einem groben und einem feineren Schlitzmuster angebracht und die Messungen erneut ausgeführt. Anschließend haben wir noch versucht, eine Platte aus einem anderen Material an dem Pendel anzubringen. Allerdings ließen sich keine vernünftigen Messungen durchführen, da der Aufbau für die vorhandenen Platten scheinbar nicht geeignet war.

4 Auswertung

Die Graphen zeigen alle, dass mit zunehmender Strom bzw. Feldstärke die Schwingungsdauer bis zum absoluten Stillstand abnimmt. Dabei ergeben sich bei Vergleich der Dauern für den minimalen und maximalen Stromwert verschiedene Dämpfungswerte. Bei der Metallplatte ohne Schlitz ergibt sich eine Dämpfung auf ca. $(0.84 \pm 0.21) \%$ des Ursprungswertes ohne eingeschaltetes Magnetfeld. Bei der Metallplatte mit mittlerer Schlitzzahl ergibt sich eine Dämpfung auf ca. $(5.47 \pm 0.20) \%$ des Ursprungswertes und bei der Platte mit der maximalen Schlitzzahl ergibt sich eine Dämpfung auf ca. $(16.18 \pm 0.19) \%$ des Ursprungswertes.

Vergleicht man nun auch die auftretende Dämpfung bei den verschiedenen Metallplatten, ist deutlich erkennbar, dass die Bremskraft bei einer höheren Anzahl an Einkerbungen abnimmt und somit die Schwingungsdauer bis zum Stillstand größer ist.

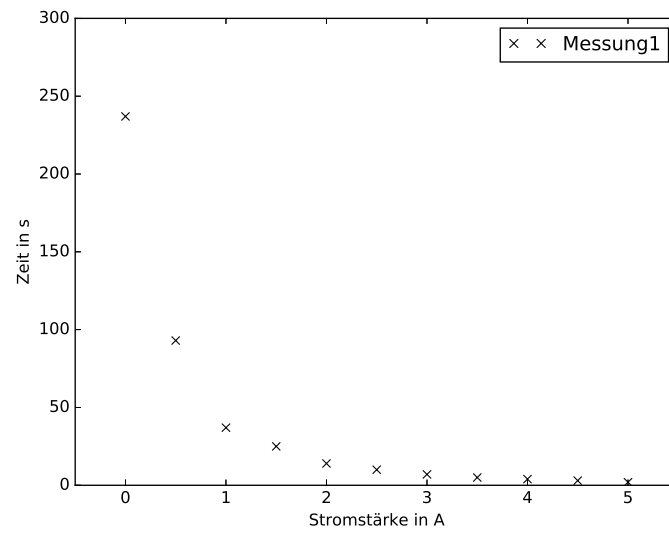


Abbildung 2: Aluminiumplatte ohne Schlitz

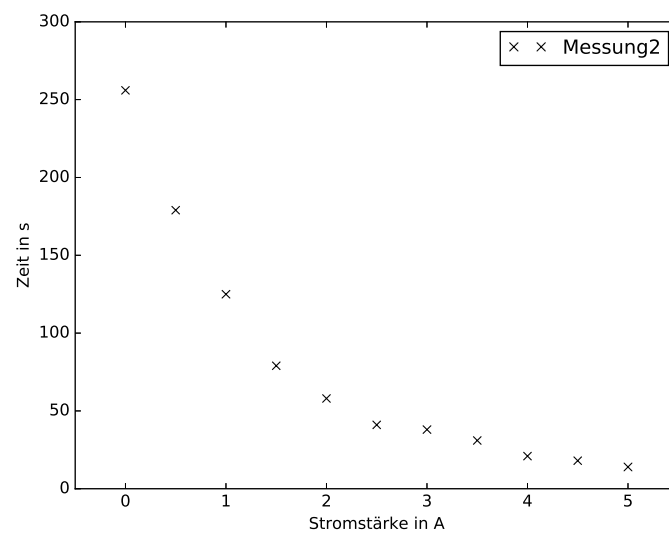


Abbildung 3: Aluminiumplatte mit mittlerer Schlitzzahl

Tabelle 1: Auftretende Dämpfung bei den verschiedenen Platten

Anzahl an Einkerbungen	auftretende Dämpfung in % des Ursprungswertes	Fehler
0	0.84	0.21
6	5.47	0.20
12	16.18	0.19

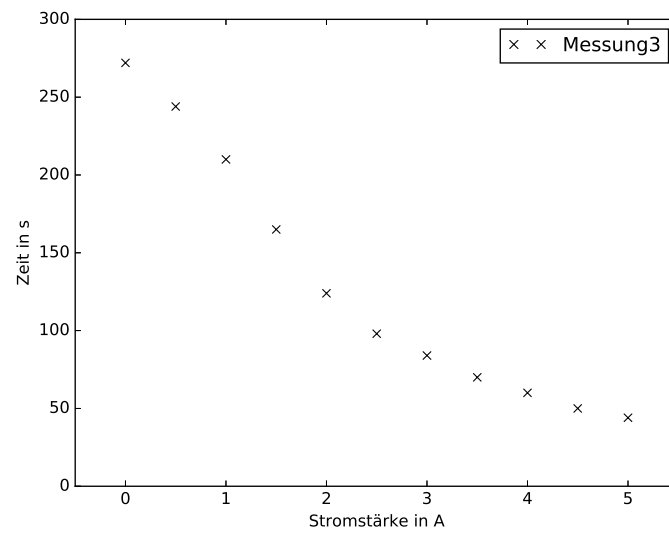


Abbildung 4: Aluminiumplatte mit höchster Schlitzzahl

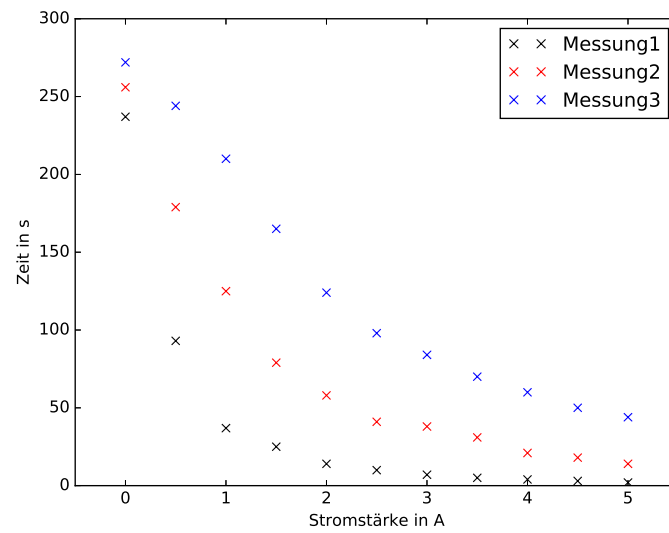


Abbildung 5: Alle Messungen im vergleich

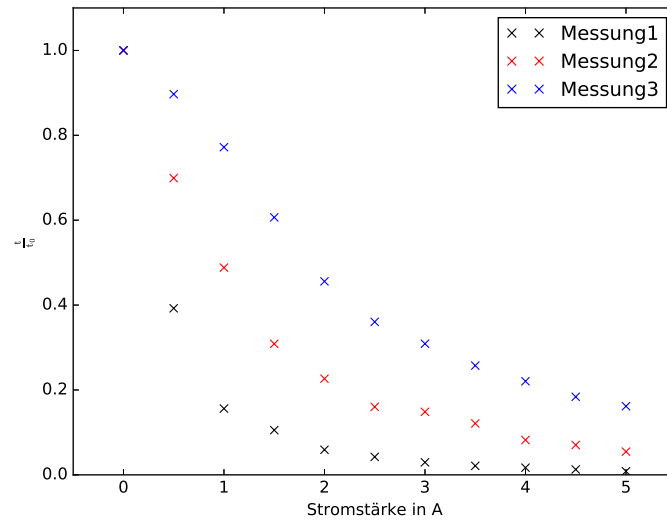


Abbildung 6: Alle Messungen im vergleich, gestaucht

5 Anwendungsbeispiele

Ein Beispiel dafür ist der Einsatz bei Schienenfahrzeugen. Hier wird in zwei Kategorien bzw. Techniken unterschieden, die lineare und die rotierende Wirbelstrombremse. Bei der linearen Wirbelstrombremse wird dabei ein zu den Schienen paralleles Magnetfeld mithilfe eine Reihe von Magneten, die über einen Integralträger und Tragarme am Radsatzlager befestigt sind. Diese Magneten werden bei Aktivierung auf ca. 7 mm Entfernung über die Schienen gesenkt, so dass ein längs zu der Schiene verlaufendes Magnetfeld erzeugt wird.

Diese Variante wird allerdings nur bei sehr hohen Geschwindigkeiten sowie auf extra eingerichteten Schienen verwendet. Bei der rotierenden Wirbelstrombremse hingegen wird die Schiene als Elektromagnet verwendet um Wirbelströme in den Rädern des Zuges zu erzeugen. Diese Variante wird zurzeit allerdings nur bei Versuchsfahrzeugen eingesetzt bzw. getestet.

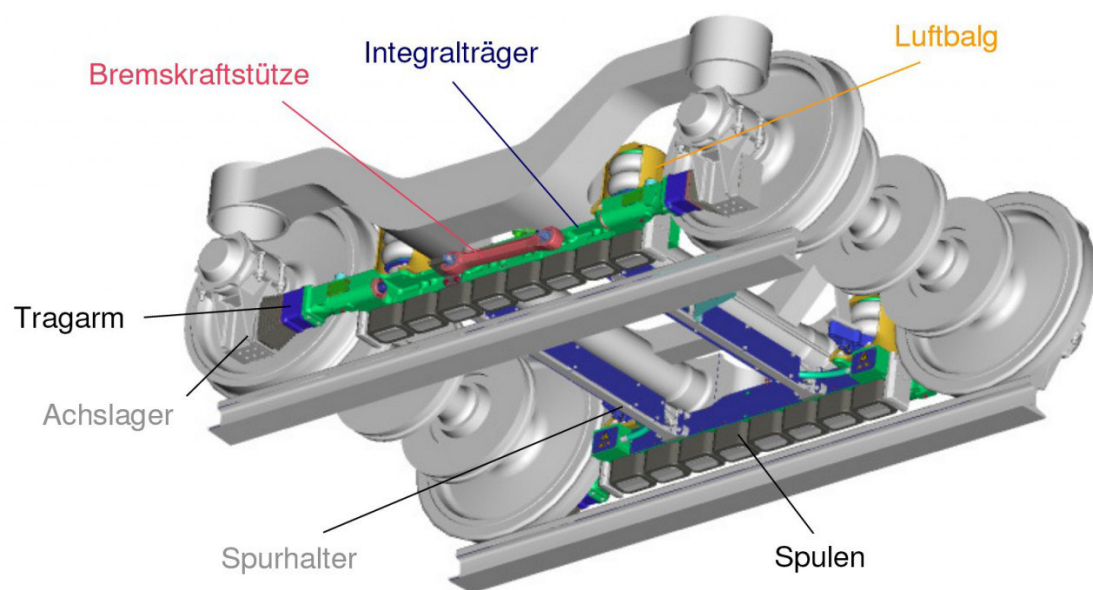


Abbildung 7: Aufbau einer linearen Wirbelstrombremse

Zusatzversuch: Die Wirbelstrombremse

Anfängerpraktikum Physik III

Sebastian Pape Jonah Nitschke

TU Dortmund

11. Mai 2017

Inhaltsangabe

- Theorie und Aufbau
- Durchführung
- Auswertung
- Diskussion
- Anwendungsbeispiele
- Fazit
- Quellen

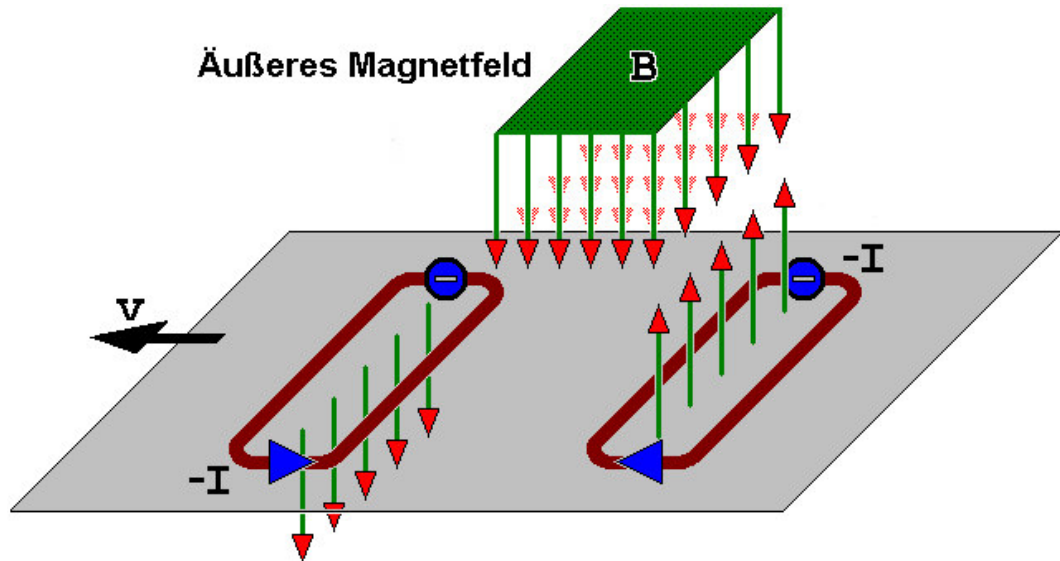
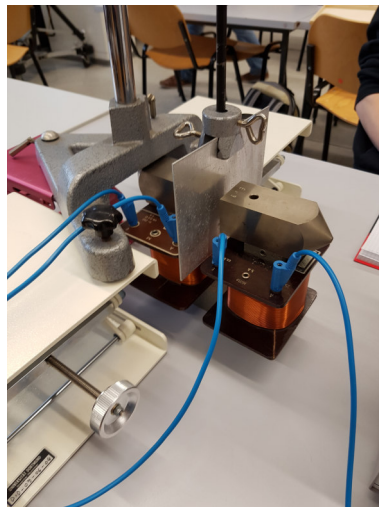
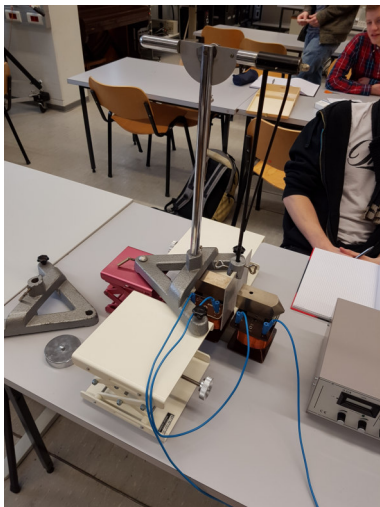


Abbildung: Erzeugung von Wirbelströmen durch angelegtes äußere Magnetfeld. [2]



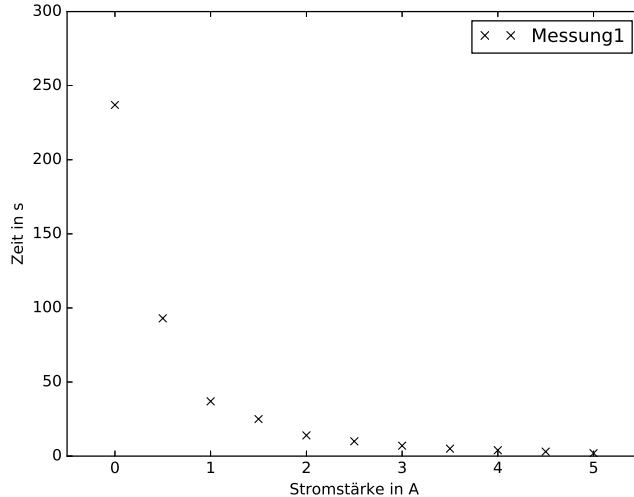


Abbildung: Gemessene Zeiten in Abhängigkeit der angelegten Stromspannung bei einer ungeschlitzten Platte.

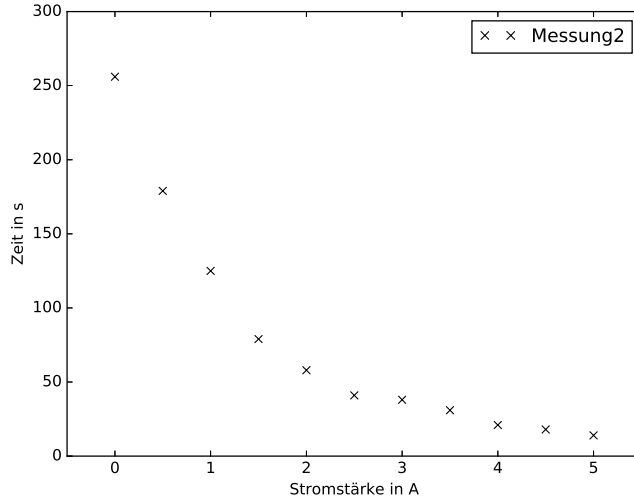


Abbildung: Gemessene Zeiten in Abhängigkeit der angelegten Stromspannung bei einer leicht geschlitzten Platte.

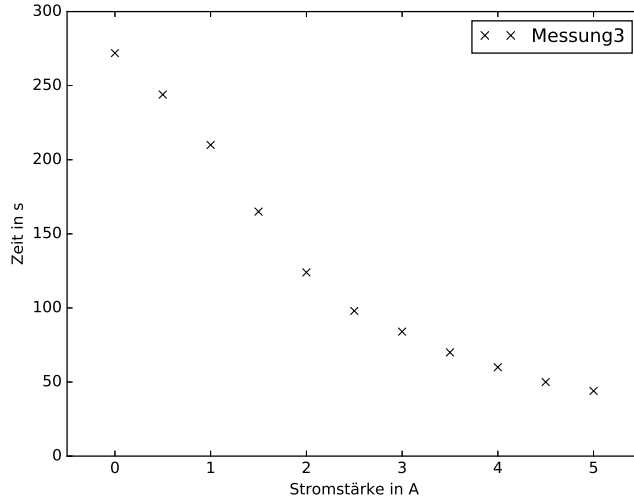


Abbildung: Gemessene Zeiten in Abhängigkeit der angelegten Stromspannung bei stark geschlitzten Platte.

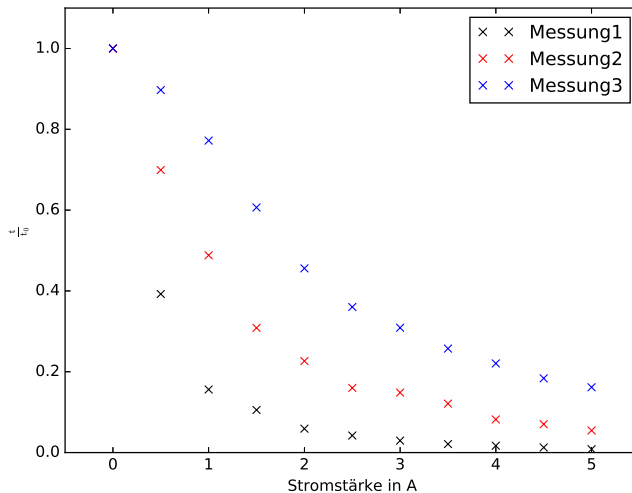


Abbildung: Prozentuale Dämpfung in Abhängigkeit der angelegten Stromspannung.

Tabelle: Auftretende Dämpfung bei den verschiedenen Platten

Anz. Einkerbungen	$\frac{T_{5A}}{T_{0A}}$ in %	Fehler
0	0.84	0.21
6	5.47	0.20
12	16.18	0.19

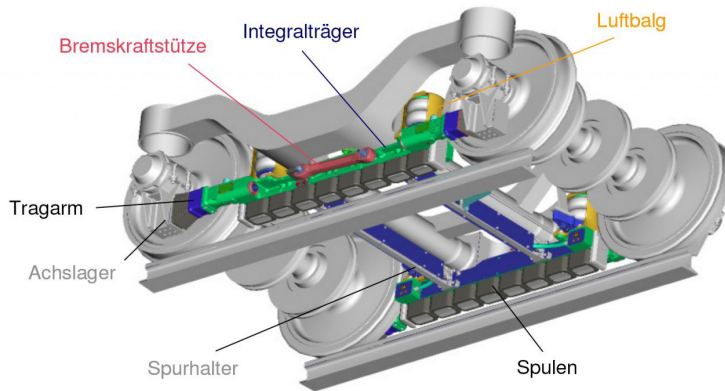




Abbildung: Aufbau einer linearen Wirbelstrombremse. [1]

Fazit

-  Unbekannt. *Lineare Wirbelstrombremse im ICE 3*. 6. Mai 2016. URL: <http://www.invetr.com/control-and-electronics/archives/06-2016>.
-  Wikipedia. *Wirbelstrombremse*. 4. Mai 2017. URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Eddy_currents_de.png.