

MHD-Generator

09.11.2009 – 04.12.2009

PPG 5

Michele Collodo, Andreas Glossner,
Karl-Christoph Gödel, Bastian Hacker,
Maria Obst, Alexander Wagner, David Winnekens
Tutor: Xiaoyue Jin

http://pp.physik.uni-erlangen.de/groups/ws0910/ppg5/ppg5_start.html

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theorie	3
3	Konstruktion und Aufbau	3
3.1	Konstruktion des Magnetfelds	3
3.2	Aufbau der Zelle	4
3.3	Aufbau der Messapparatur	4
4	Messungen und Ergebnisse	7
4.1	Leitfähigkeit von Salzwasser	7
4.2	Magnetfeld	7
4.3	Generatorspannung und -strom	8
4.4	Wassergeschwindigkeit und Druck	8
4.5	Umkehrung des Effekts, Nutzung als Wasserpumpe	8
5	Fazit	8
6	Autorenverzeichnis	9

dumdidum

1 Einleitung

Die Frage der Energieerzeugung hat in der Physik der letzten Jahrhunderte immer eine bedeutende Rolle gespielt. Eine vielversprechende Möglichkeit schien das Ausnutzen von magnetischen Feldern. Die ersten Überlegungen zu solchen Generatoren machte Michael Faraday schon 1832. Später wurden immer mehr Arten entdeckt, Magnetfelder zur Stromerzeugung zu nutzen. Zur Anwendung kommen hier sowohl statische als auch veränderliche Magnetfelder. Der wohl bekannteste MHD-Generator ist der Dynamo, der bis heute oft zur Energiegewinnung eingesetzt wird. Doch der Effekt lässt sich auch auf viel größeren Skalen wiederfinden. So erzeugt zum Beispiel die Erde ihr schützendes Magnetfeld mit dem Dynamoprinzip. Auch für die Erzeugung und Beschleunigung stellarer Jets gibt es magnetohydrodynamische Modelle.

2 Theorie

Das Prinzip des MHD-Generators beruht auf der Lorentzkraft,

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

3 Konstruktion und Aufbau

3.1 Konstruktion des Magnetfelds

Im Vorfeld der eigentlichen Messungen an der Zelle wurde die möglichst optimale Konstruktion des Magnetfelds ermittelt. Ziel war es bei einer Feldstärke von rund $0.1T$ ein möglichst im gesamten Bereich der Zelle homogenes Feld zu erhalten. Zunächst wurden verschiedene Permanentmagneten eingesetzt, die jedoch allesamt unbefriedigende Ergebnisse lieferten. Die eingesetzten Stabmagneten erzielten eine maximale Feldstärke von $0.07T$, das der zur Verfügung stehenden Hufeisenmagneten war noch wesentlich niedriger. Die größte Feldstärke wurde an Ringpermanentmagneten ($B \approx 0.3T$) gemessen; dieser Wert fiel jedoch schon im Abstand von wenigen mm stark ab ($1/r^3$ -Abhängigkeit) und war deshalb ebenfalls ungeeignet. Folglich wurde ein Aufbau mit Elektromagneten gewählt. Zum Einsatz kamen dabei vier Spulen mit je 1000 Windungen (Anordnung siehe Abb. 1).

Zunächst wurde eine kurze Messung zur Ermittlung der Abhängigkeit der Magnetfeldstärke vom Abstand zwischen den beiden Eisenjochen durchgeführt. Zu

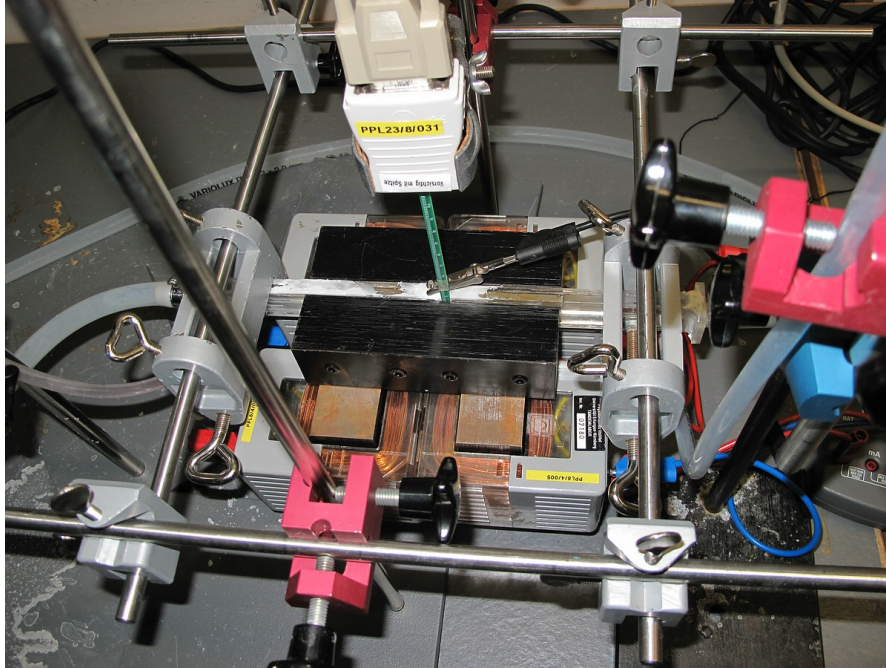


Abbildung 1: Anordnung der vier Spulen zum Erzeugen des Magnetfelds

erwarten war wegen

$$B = \frac{\mu \cdot \mu_0 \cdot N \cdot I}{\mu \cdot d + 2 \cdot \pi \cdot R}$$

in etwa eine $1/d$ -Abhängigkeit, wobei μ die Materialkonstante des Eisens, N die Windungszahl, d der Abstand zwischen den beiden Eisenjochen und R der Radius der "Gesamtspule" ist. Die "Gesamtspule" ist dabei die gesamte Anordnung der vier Einzelspulen und kann in erster Näherung als kreisförmig angenommen werden. Permanentmagneten nicht geeignet, Vormessung B-Feld: Verschiedene Abstände, Geometrie des Feldes, Schaltung der Spulenpaare

3.2 Aufbau der Zelle

Platten, Anschlüsse, Abstände

3.3 Aufbau der Messapparatur

Nachdem die Zelle in der Werkstatt fertiggestellt worden war, wurde die restliche Versuchsanordnung aufgebaut. Der MHD-Generator sollte folgende Komponenten enthalten:



Abbildung 2: Vormessung ohne Zelle zur B-Feldstärke, die Plastikstäbe dienen zum Einstellen verschiedener Spaltbreiten

- Eine Pumpe mit einem Reservoir an gesättigtem Salzwasser
- die Zelle, platziert in einem möglichst homogenen Magnetfeld
- Möglichkeiten zur Messung der Magnetfeldstärke sowie des lokalen Drucks in der Zelle.

Die Pumpe wurde bereits im Vorraus im Versandhandel bestellt. Die ersten Vorabrechnungen hatten ergeben, dass eine Wassergeschwindigkeit im Bereich von 1m/s messbare Ergebnisse liefern würde. Daher entschieden wir uns für eine Teichpumpe, die mit 220V Netzspannung betrieben wird und dabei laut Herstellerangaben bei einer Leistung von 16W ca. 1000l Wasser pro Stunde bis zu einer Förderhöhe von $1,7\text{m}$ transportieren soll. Da davon auszugehen war, dass diese nicht für den Einsatz in hoch konzentriertem Salzwasser geeignet ist, wurde der komplette Kreislauf am Ende jedes Arbeitstages mit Leitungswasser gespült um Langzeitschäden vorzubeugen.

Beim Aufbau der gesamten Apparatur des MHD-Generators musste mehreren Faktoren besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden:

- Die Bereiche mit anliegenden Spannungen sollten getrennt von den wasserführenden Bauteilen installiert werden.
- Der Zelle muss waagrecht eingebaut sein, damit die Druckmessung nicht beeinflusst wird.
- Der Aufbau sollte genau reproduzierbar sein, um eine Vergleichbarkeit der

Messungen zu erreichen.

- Bei einem Durchlauf sollten möglichst viele Parameter gleichzeitig erfasst werden können.

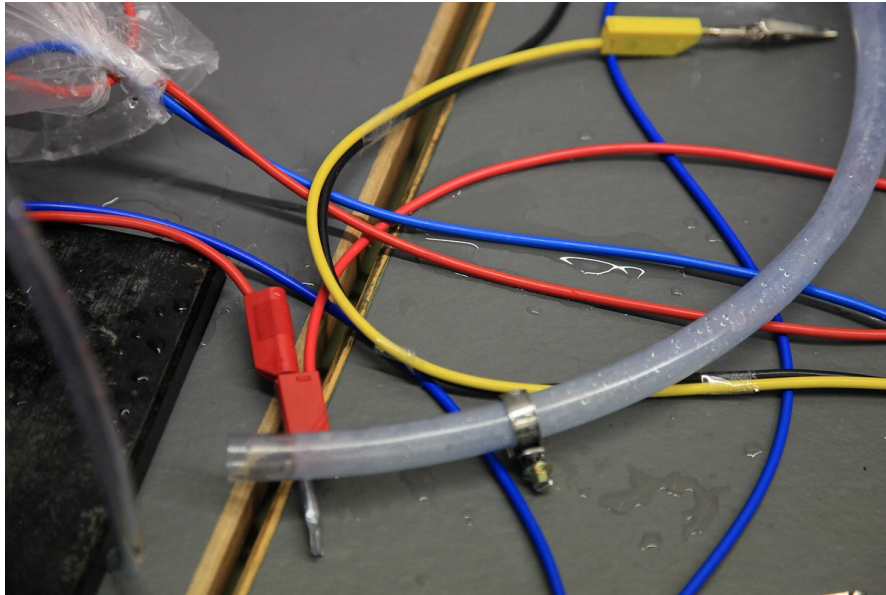


Abbildung 3: Trennung der wasser- und stromführenden Bereiche

Wie bereits beim ersten Projekt, erschien auch hier eine Konstruktion aus Stativstangen am Sinnvollsten. Die Zelle wurde an einem quadratischen Rahmen aus Stangen, Winkelverschraubungen, sowie Klemmen fixiert und konnte von oben in das Magnetfeld gesenkt werden. So war auch ein Umbau bei Bedarf relativ einfach möglich. Eine vollständige Trennung der strom- und wasserführenden Teile ist aufgrund des MHD-Prinzips nicht möglich. Daher befanden sich die Spulen und Eisenkerne mit den Stromanschlüssen in einer Plastikhülle, die genügend Spielraum bot, um zwischen den Kernen die Zelle zu fixieren.

Nachdem bei ersten Vormessungen entweder die Zelle oder die Magnetfeldsonde zwischen den Spulen platziert waren, entschieden wir uns auch die tangentialen B-Feld Sonde dauerhaft in den Kreislauf zu integrieren, um die Messwerte zusammenhängend aufzuzeichnen. Zwei dünne Abstandshalter stellten dabei sicher, dass die empfindliche Sonde nicht zwischen den Magneten zerdrückt wird.

Zur Bestimmung des lokalen Drucks, kamen zwei dünne Schläuche als Steigrohre zum Einsatz, welche an den Seitenrändern der Zelle angeschlossen waren. An diesen konnte der unterschiedliche Wasserstand abgelesen werden. Um eine einheitliche Ausgangshöhe zu erhalten, kam als Messbasis eine Wasserwaage zum Einsatz. Die Steigrohre wurden ebenfalls in die Konstruktion eingespannt.

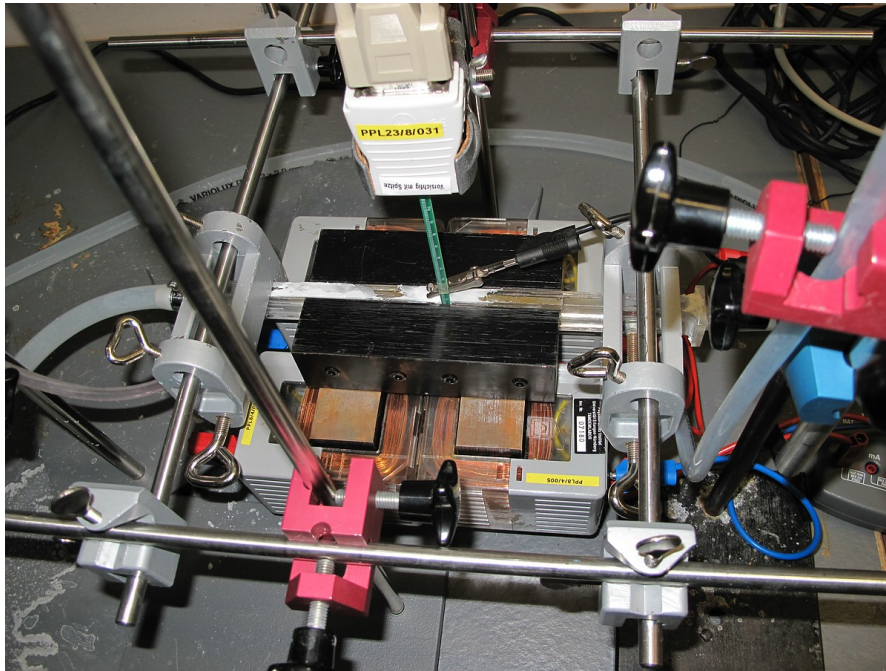


Abbildung 4: Die Magnetfeldsonde, eingeklemmt zwischen Spulenkernen und Zelle. Die Plastiktüte um die Spulen wurde aus optischen Gründen entfernt.

Strom und Spannungsmesswerte, sowie die Magnetfeldstärke wurden durch das Cassy Lab System mit entsprechenden Verstärker und Anschlussboxen über die Zeit aufgetragen und zur Auswertung aufgezeichnet. Für die Messung des, an der Spule angelegten, Stroms im Bereich von bis zu $2A$, war der Messbereich ausreichend, es waren jedoch keine Adapter verfügbar, um den an der Zelle abfallenden Strom zu verstärken. Daher kam auch hier wieder der Umweg über einen einstellbaren Widerstand mit anschließender Spannungsmessung zum Zuge.

4 Messungen und Ergebnisse

4.1 Leitfähigkeit von Salzwasser

Die interessantesten Messungen gibts hier, Widerstand der Zelle

4.2 Magnetfeld

Abhängigkeit der Zellspannung vom B-Feld

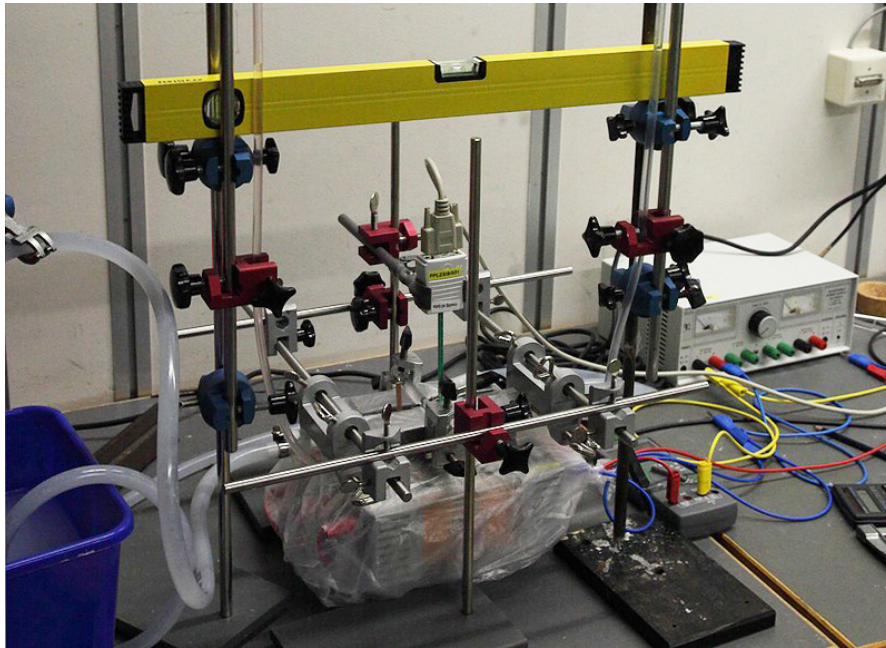


Abbildung 5: Der komplette Aufbau des MHD-Generators, im Eimer links befindet sich die Pumpe mit dem Wasservorrat

4.3 Generatorspannung und -strom

4.4 Wassergeschwindigkeit und Druck

... Wirkungsgrad gibts keinen, weil die Druckmessung zu schwierig war.

4.5 Umkehrung des Effekts, Nutzung als Wasserpumpe

Wird sogar als Antriebstechnik für Schiffe getestet (Magnetohydrodynamischer Antrieb bei Wikipedia)

5 Fazit

6 Autorenverzeichnis

<i>Autor</i>	<i>Kapitel</i>
Michele Collodo	Widerstandsmessung
Andreas Glossner	Magnetfeldmessung
Karl-Christoph Gödel	Bau der Zelle
Bastian Hacker	Strommessung
Maria Obst	Einleitung und Theorie
Alexander Wagner	Versuchsaufbau und Bilder
David Winnekens	Umkehrung des Effekts und Fazit