



DEUTSCHE
GESELLSCHAFT FÜR
ZERSTÖRUNGSFREIE
PRÜFUNG E.V.

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Regionalwettbewerb Jugend forscht

MÜNSTER



Die Physik zusammengesetzter Magnete

Hauke Fehnker

Schule:

Die Physik zusammengesetzter Magnete

Arbeit für SchülerExperimentieren 2012

Von Hauke Fehnker (13 Jahre)

Klasse 8a Gymnasium St.Mauritz Münster

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Stärke eines Stabmagneten, der aus vielen einzelnen Magneten aufgebaut ist.....	3
2.1 Fragestellung	3
2.2 Versuchsaufbau	3
2.3 Stärke eines einzelnen Magneten bei verschiedenen Abständen	4
2.3.1 Versuch	4
2.3.2 Versuchsergebnis	4
3 Versuch zur Stärke eines aus vielen einzelnen zusammengesetzten Stabmagneten.....	5
3.1 Versuch	5
3.1.1 Ergebnisse	6
3.1.2 Erklärungen	8
4 Kompliziertere räumliche Anordnungen von Einzelmagneten	9
4.1 Experimente mit Würfelförmigen Magneten.....	10
4.1.1 Teilexperiment 1.....	11
4.1.2 Auswertung	12
4.1.3 Teilexperiment 2.....	12
4.1.4 Ergebnis	12
4.1.5 Erklärung.....	12
Teilexperiment 3.....	13
5 Schlussbemerkungen.....	14

1 Einleitung

An meiner Schule gibt es eine Veranstaltung, die Science on Stage heißt. Bei dieser Veranstaltung stellen Schüler besonders gelungene Facharbeiten oder Wettbewerbsarbeiten von Jugend forscht und Schüler experimentieren vor. Nachdem ich mir die tollen Arbeiten der anderen Schüler angesehen hatte bekam ich Lust auch so etwas auszuprobieren. Da ich im Unterricht gerade das Thema Magnetismus abgeschlossen hatte und es mich fasziniert hatte wie kleine unscheinbare Magnetkörper eine starke Kraft erzeugen konnten, kamen mein Lehrer und ich auf die Idee dieses Thema in meiner Jugendforscht-Arbeit zu behandeln.

Ich nahm mir vor zu untersuchen, wie sich das Zusammensetzen von Einzelmagneten auf die Eigenschaften des Gesamtmagneten auswirkt.

2 Stärke eines Stabmagneten, der aus vielen einzelnen Magneten aufgebaut ist

2.1 Fragestellung

In der Schule wird oft erklärt, dass ein ganzer Magnet aus vielen Elementarmagneten besteht. Wie bekommt ein großer Magnet seine Stärke, d.h., wie tragen die Einzelstärken der kleinen Magnete zu der Gesamtstärke bei? Hierzu habe ich ein Experiment mit Stabmagneten durchgeführt. Die Einzelmagneten liegen dabei auf einer Linie.

2.2 Versuchsaufbau

Mein zentraler Versuchsaufbau besteht aus folgenden Geräten:

Magnetfeldsensor der Firma Vernier

Easy Link als Adapter für den Taschenrechner der Firma Texas Instruments

Laptop zur Zusammenstellung der Messergebnisse

20 zylindrische Supermagnete (Neodym) mit den

Abmessungen: 8mm lang, 3mm Durchmesser

Holzbrett als Unterlage

Papier mit Skala und Hilfslinien



Der Versuchsaufbau ist in dem Foto zu sehen. Der Sensor wird fest am Brett befestigt und behält seine Ausrichtung während des ganzen Versuches bei.

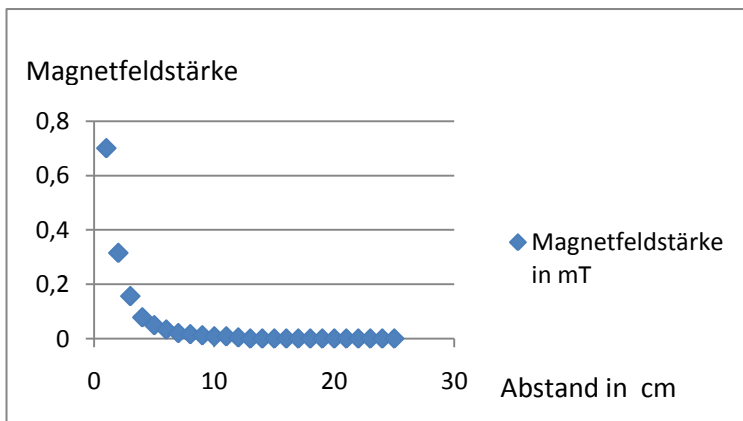
2.3 Stärke eines einzelnen Magneten bei verschiedenen Abständen

2.3.1 Versuch

Ich habe einen einzelnen Zylinderstabmagneten in Richtung des Sensors verschoben. Nach jeder Messung der Magnetfeldstärke wurde der Abstand zum Sensor um einen bestimmten Betrag (8mm) vergrößert. Insgesamt wurden 20 Messwerte aufgenommen, wobei jeder Einzelwert zehnmal gemessen wurde. Aus diesen wurde ein Mittelwert berechnet.

2.3.2 Versuchsergebnis

Ist man mit einem Magneten nah am Sensor dran, ist die Magnetfeldstärke stark. Geht man einen Zentimeter weg fällt sie sehr viel. Geht man noch einen Zentimeter weiter weg fällt sie nicht mehr ganz so deutlich. Später fällt sie nur noch ganz wenig. Am Ende



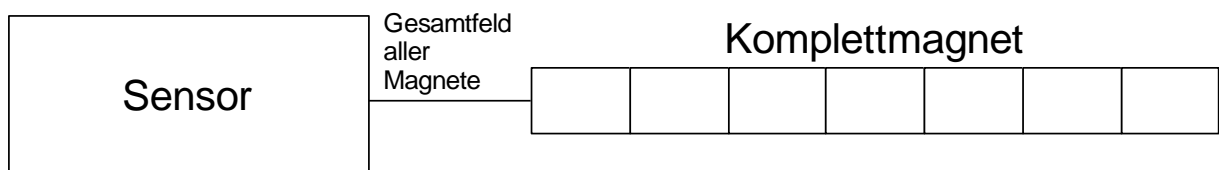
misst der Sensor das Magnetfeld nicht mehr, da es eine zu geringe Stärke hat. In der Abbildung ist zu sehen, wie sich der Abstand in cm auf die Magnetfeldstärke auswirkt. Die Kurve sieht so ähnlich aus wie eine Hyperbel, die ich im Mathematikunterricht kennengelernt habe. In der Messtabelle sind die genaueren Messwerte aufgeführt.

Abstand in cm	Magnetfeldstärke in mT
1	0,7
2	0,315
3	0,156
4	0,078
5	0,049
6	0,033
7	0,02
8	0,016
9	0,012
10	0,008
11	0,008
12	0,004
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
	Summe 1,399

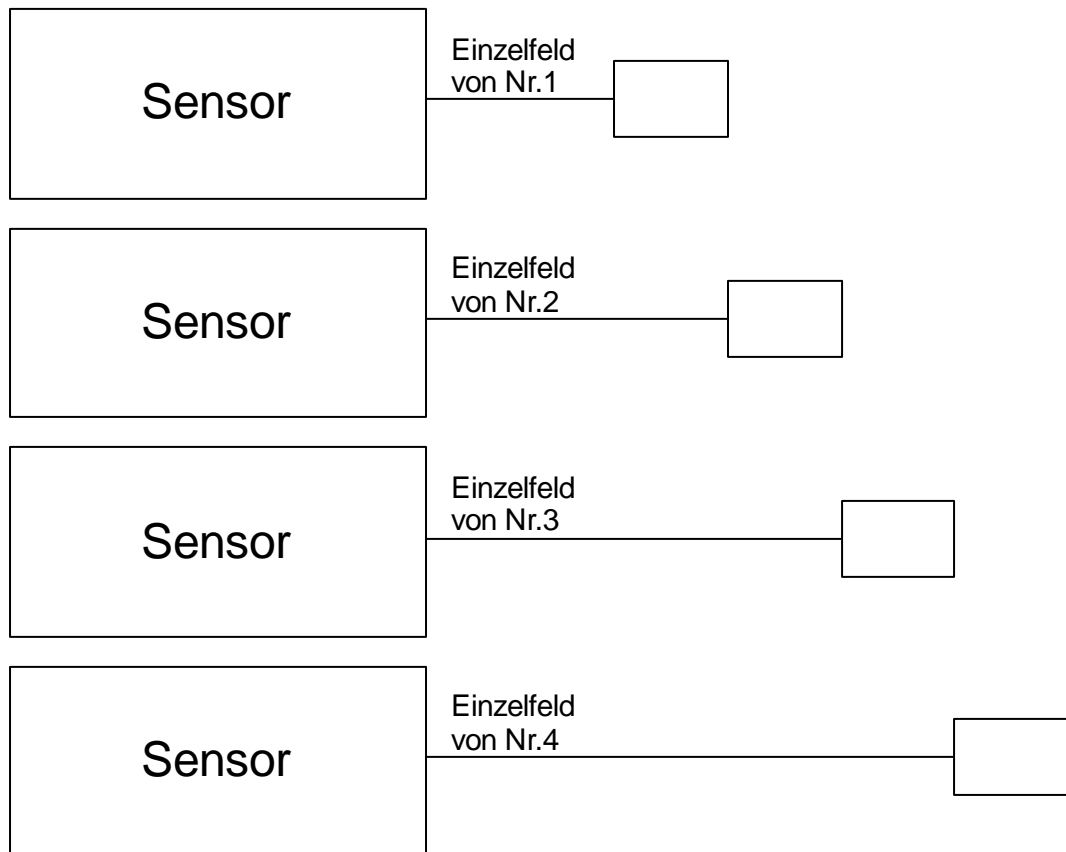
3 Versuch zur Stärke eines aus vielen einzelnen zusammengesetzten Stabmagneten

In dem folgenden Versuch möchte ich die Frage klären, ob ein großer Magnet als einfache Zusammensetzung der Einzelmagnete genauso stark ist, wie der vollständige Komplettmagnet. Hierzu vergleiche ich das magnetische Feld von beiden Versionen.

3.1 Versuch



In dem ersten Bild sieht man, wie man das Feld eines Komplettmagneten (aus 20 Einzelmagneten zusammengesetzt) misst.

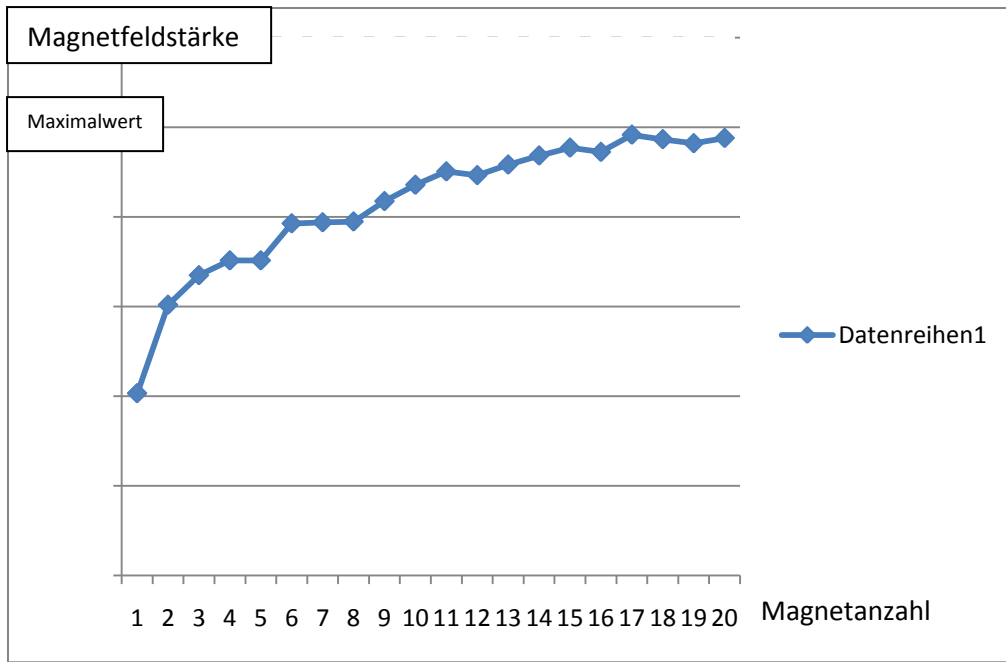


Im zweiten Bild sieht man, wie ich die Beiträge der Einzelmagnete (Einzelfelder) messe. Dabei sind die Einzelmagnete an derselben Stelle wie im Komplettmagnet. Die Einzelbeiträge habe ich auch wieder durch Mittelwertbildung aus 10 Einzelmessungen bestimmt.

3.1.1 Ergebnisse

1. **Mit jedem neu angesetzten Magneten steigt die magnetische Stärke etwas an. Aber nicht proportional.**
2. **Ab dem 17. Einzelmagneten steigt der Wert nicht mehr an und bleibt auf einem festen Wert. Dieser feste Wert ist größer als die Summe der Einzelmagnetwerte.**

Bemerkungen zum Diagramm: Das Diagramm wurde erstellt mit Daten aus einer ersten Messung, die ich durchgeführt habe. Den Wert 0,245 mT habe ich bei einer zweiten Messung gefunden, die ich an einem anderen Tag durchgeführt habe. Der maximale Wert in der Zeichnung stimmt nicht genau mit der Messung 0,245 überein. Aber die Kurvenform zeigt den Anstieg der Magnetfeldstärke und dass es gegen eine Maximalfeldstärke geht.



Alle Magnete aneinander (4,5cm Entfernung)				Ein Magnet:	
0,245				Entfernung	Stärke in mT
				4,5cm	0,053
				5,3cm	0,033
				6,1cm	0,025
				6,9cm	0,017
					0,013
					0,009
					0,007
					0,003
					0,01
					0,009
					0,008
					0,0065
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0,1935

3.1.2 Erklärungen

Erklärung des zweiten Teilergebnisses:

Ein aus vielen Magneten zusammengesetzter Magnet ist stärker als alle seine Einzelteile zusammen.

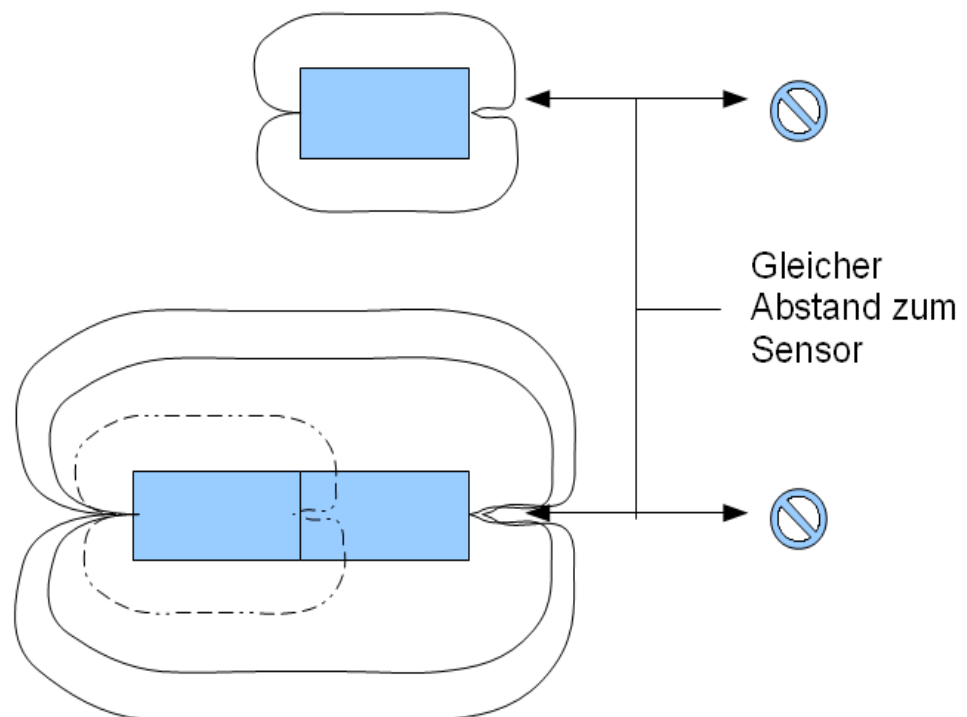
In der Tabelle sieht man den Abstand des Sensors zum Einzelmagneten und die Stärke des Magneten. Wie man es erwarten konnte war es so, dass je weiter der Magnet vom Sensor entfernt ist desto kleiner ist die Stärke. Wenn man alle Stärken addiert erhält man 0,1935mT. Der zusammengesetzte Magnet hat eine Stärke von 0,245mT.

Dieses Ergebnis erkläre ich mir folgendermaßen:

Jeder neuangesetzte Magnet fängt Feldlinien ein und bündelt diese.

Ich habe versucht das in einer Zeichnung zu erklären:

Im oberen Teil ist ein einzelner Magnet als blaues Rechteck gezeichnet. Er befindet sich in einem festen Abstand zum Sensor. Die zwei Feldlinien sollen das Feld des einzelnen Magneten darstellen. Im ersten Experiment habe ich herausgefunden, wie sich das Magnetfeld ändern würde, wenn der Magnet vom Sensor weggeschoben würde (in der Zeichnung nach links). Im unteren Teil sieht man zwei Magneten. Einen an der alten Stelle und einen Neuen direkt dahinter. Wäre der Neue alleine, so hätte er das gestrichelt gezeichnete Magnetfeld. Aber da er an den Anderen angesetzt wurde enden seine Feldlinien an der rechten Seite des Magneten. Er wirkt deshalb viel stärker am Ort des Sensors, als wenn er alleine wäre.



Es muss auch noch Folgendes erklärt werden:

Das Feld wird nicht beliebig stark.

Ab einer bestimmten Länge des Gesamtmagneten schafft dieser es nicht mehr, die Feldlinien vom Rand bis nach vorne zu bündeln. Eine richtige Erklärung dafür ist mir nicht eingefallen.

4 Kompliziertere räumliche Anordnungen von Einzelmagneten

Außer den zylinderförmigen Magneten standen mir noch einige Würfelmagnete zur Verfügung.

4.1 Experimente mit würfelförmigen Magneten

Mehrere kleine Würfel lassen sich auf mehrere Weisen zu neuen Formen zusammensetzen. Angefangen habe ich damit, dass ich die Würfel nur zweidimensional angeordnet habe. Dabei ist mir etwas Besonderes aufgefallen. Es gibt zwei verschiedene Muster in denen man die Magnete zusammensetzen kann. Ich habe die beiden Muster aufgrund ihres Aussehens das Schranken und das Schachbrettmuster genannt. Man kann sie aber nur erkennen wenn man die Nordpole markiert (rote Aufkleber im Bild).

Die beiden Muster sind auf dem Foto zu sehen.

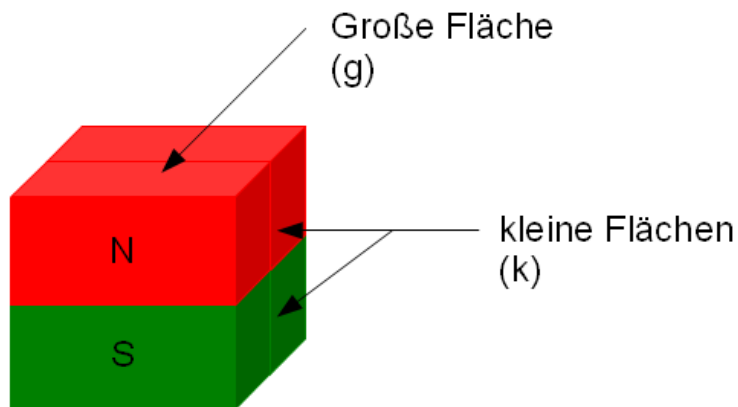


links Schachbrett, rechts Schranke (nur von der Seite gut zu erkennen)

Diese beiden Muster halten aber nicht gleichstark zusammen. Das Schachbrettmuster hält nicht so stark, wie das Schrankenmuster. Als mir einmal das Schachbrettmuster aus der Hand fiel und sich an ein Stück Metall des Stuhls heftete, wunderte ich mich, als es sich beim abnehmen in das Schrankenmuster verformte. Ich wollte dann herausfinden, woran das liegt.

Zuerst überlegte ich mir, wie die Magnete in den Mustern zueinander liegen. Dazu habe ich Zeichnungen angefertigt.

Schematische Zeichnung der beiden Muster



Vereinfachte Darstellung eines Magnetwürfels mit großen und kleinen Flächen.

Weil die Haltekräfte immer größer werden, je mehr Würfel beteiligt sind, habe ich mich auf vier Einzelwürfel beschränkt. Diese habe ich auf verschiedene Weisen zusammengesetzt und ihre Haltekraft gemessen.

4.1.1 Telexperiment 1

Die einfachste Frage ist, wie stark zwei Einzelwürfel sich anziehen.



Beschreibung des Experiments. Ich habe zwei der kleinen Würfel auf jeweils eine Schraubenmutter geklebt (Ein Würfel auf jede Mutter). Dabei habe ich darauf geachtet, dass einmal ein Nord und ein Südpol auf einander treffen (Magnetpaar 1) und im anderen Fall die Seitenflächen der Würfel (Magnetpaar 2). Diese Würfel ziehen sich mit einer gewissen Kraft an, die ich messen will. Mit einem Kraftmesser, der an einen Laptop angeschlossen ist, habe ich die Kraft gemessen, die man braucht um die Würfel auseinander zu ziehen. Ergebnisse sieht man in der Tabelle. Die Kombination, bei der die Pole direkt aufeinandertreffen ist die Schranke und die mit den Seitenflächen das Schachbrett.

Abreißkraft in N			
Schachbrett		Schranke	
	3,7		11,3
	3,5		11,8
	4,0		12,0
	3,7		12,0
Mittelwert	3,7	Mittelwert	11,8

4.1.2 Auswertung

Um zwei Würfel auseinanderzuziehen, die mit den Polen aneinanderhängen braucht man eine Kraft die ungefähr 3,2-mal so stark ist, wie die Kraft die man benötigt um zwei Würfel auseinander zu ziehen, die mit den Seitenflächen aneinanderhängen.

Um zwei Flächen zweier Einzelwürfel auseinanderzuziehen ist es wichtig zu wissen, welche Seiten aneinandersaßen:

1. Fall: zwei Pole stoßen aneinander – Dies nenne ich g-g.
2. Fall: zwei Nichtpole stoßen aneinander – Dies nenne ich k-k.

4.1.3 Teilexperiment 2

Ich habe zweimal vier Würfelmagnete zu Stangen aneinandergesetzt (Anordnung: 4*1), auf ein Holzbrett geklebt, sie mit der Längsseite der Stangen aneinandergesetzt und die Kraft gemessen, die ich aufbringen musste, um sie auseinander zuziehen. Dies habe ich mit der Schachbrett - und der Schrankenordnung durchgeführt.

Schachbrett	4*1	Schranke	4*1
Abreißkraft:	8,65N	Abreißkraft:	29,02

4.1.4 Ergebnis

Um die im Schrankenmuster angeordneten Würfel auseinander zu ziehen braucht man die ca. 3,6-fache Kraft, wie die beim Schachbrettmuster.

4.1.5 Erklärung

Das Schachbrettmuster ist schwächer, da bei ihm keine großen Flächen (die eigentlichen Magnetpole) aufeinandertreffen, sondern nur die kleinen. Die Schranke wird deswegen nicht mehr so viel stärker als das Schachbrett, da die Magnetstange immer länger wird und sich

beim Aneinandersetzen das Magnetfeld nach innen gequetscht wird. Das hat zur Folge, dass außen die magnetische Wirkung nicht so ganz stark ist wie innen. Das habe ich auch bei dem ersten Experiment ganz oben schon festgestellt, als ich an die Stangenmagnete immer mehr Stangenmagnete angesetzt habe.

Ich habe eine kleine Rechnung ausgeführt: Ich verwende die Abreißkräfte bei den Einzelmagneten und berechne damit die Abreißkraft der aus vier Magneten zusammengesetzten Stäbe.

1. Fall Schranke: Er besteht aus vier g-g-Kombinationen. Die Abreißkraft müsste also 4-mal $11,8 \text{ N} = 47,2 \text{ N}$ betragen. Der Messwert ist aber $29,02 \text{ N}$, also viel kleiner als der berechnete Wert.
2. Fall Schachbrett: Er besteht aus vier k-k-Kombinationen. Die Abreißkraft müsste also 4-mal $3,7 \text{ N} = 14,8 \text{ N}$ betragen. Der Messwert ist aber $8,65 \text{ N}$, also auch viel kleiner als der berechnete Wert.

Teilexperiment 3

In Teilexperiment 2 wurden die vier Einzelmagnete zu einer Stange zusammengesetzt. In diesem Experiment setzte ich sie zu einem Quadrat zusammen. Wieder habe ich die Schranken- und Schachbrettkombination gewählt und ihre Haltekraft mit einem Abreißexperiment untersucht.

Schachbrett	2*2	Schranke	2*2
Abreißkraft:	37,75N	Abreißkraft:	6,88N

Da diesmal das Schachbrett mit den Polen aneinanderhing, zeigte es eine größere Abreißkraft, als das Schrankenmuster.

1. Fall Schachbrett: Er besteht jetzt aus vier g-g-Kombinationen. Die Abreißkraft müsste also 4-mal $11,8 \text{ N} = 47,2 \text{ N}$ betragen. Der Messwert ist aber $37,75 \text{ N}$, also kleiner als der berechnete Wert aber größer als die Schranke in der Stangenanordnung.
2. Fall Schranke: Er besteht aus vier k-k-Kombinationen. Die Abreißkraft müsste also 4-mal $3,7 \text{ N} = 14,8 \text{ N}$ betragen. Der Messwert ist aber $6,88 \text{ N}$, also ebenfalls viel kleiner als der berechnete Wert.

Dieses Mal produziert aber die Stangenanordnung mehr Haltekraft als die quadratische Anordnung. Dies erkläre ich mir so, dass bei der Stangenanordnung im Schachbrettmuster die Feldlinien mehr nach außen dringen, als bei der Schrankenordnung im Quadrat.

5 Schlussbemerkungen

Die Beschäftigung mit diesem Thema hat mir gezeigt, dass das Verhalten von Magneten doch insgesamt komplizierter ist als ich es mir zu Beginn vorgestellt hatte. Einige der gefundenen Ergebnisse konnte ich mir erklären. Dennoch blieben auch Sachen ungelöst.

Zum Beispiel weiß ich immer noch nicht wieso sich verschiedene Magnetpole überhaupt anziehen und ein Magnetfeld erzeugen. Aber zumindest weiß ich jetzt etwas mehr über das Zusammenwirken mehrerer Magnete in verschiedenen geometrischen Anordnungen. Aber auch das ist, wie ich gemerkt habe sehr kompliziert. Vieles habe ich mir mit den Feldlinien erklärt. Vielleicht wäre es interessant für die verschiedenen Magnetanordnungen aus meinen Experimenten die Feldlinien mit Eisenfeilspänen sichtbar zu machen. Weitere Fragestellungen, die ich noch nicht in dieser Arbeit untersucht habe:

1. Welches genaue Größenverhältnis besteht zwischen der Feldstärke eines zusammengesetzten Magneten und den addierten Einzelfeldstärken?
2. Gibt es bei der Zusammensetzung des Würfels aus Einzelmagneten eventuell bevorzugte Reißflächen wenn man versucht ihn auseinanderzuziehen?
3. Gibt es eine Begrenzung für die Größe eines aus vielen kleinen Magneten zusammengesetzten Würfels? Hierzu hatte ich noch nicht genug Magnetwürfel.

Dies plane ich für die Zukunft.