

# BAUANLEITUNG UND ARBEITSBLATT ZUM STROHHALM-MODELL DES ATLAS MAGNETSYSTEMS deutsch

alexandra.feistmantl@cern.ch  
julia.woithe@cern.ch

11/25/16

S'Cool LAB

## Contents

Bauanleitung für das Strohhalm-Modell des ATLAS Magnetsystems .....	3
Arbeitsblatt für das Strohhalm-Modell des ATLAS Magnetsystems.....	4
Lösungen .....	9

Feistmantl, A., & Woithe, J. (2016). Bauanleitung und Arbeitsblatt zum Strohhalm-Modell des ATLAS Magnetsystems

Brought to you by the S’Cool LAB team

<http://cern.ch/s-cool-lab>

More ideas for the classroom:

<http://cern.ch/s-cool-lab/content/downloads>

# Bauanleitung für das Strohalm-Modell des ATLAS Magnetsystems

Viele Materialien die man für das ATLAS Modell benötigt, sind an Schulen vorhanden. Ein Überblick, was für den Bau und auch für das spätere Messen benötigt wird, bietet die folgende Liste.

## Benötigte Materialien



- Strohhalme (ca.  $\varnothing$  8 mm, 22 cm lang)
- Kupferlackdraht (z. B.  $\varnothing$  1 mm, 30 m lang)
- Karton (ca. 25 cm x 50 cm)
- Cutter, Drahtschere und Lineal
- Feuerzeug und Sandpapier
- Klebeband, Klebstoff sowie Druck-Vorlagen<sup>1</sup>
- Eventuell Drucker der A3 drucken kann
- Netzgerät (12 V DC), Laborkabel, Multimeter
- Kompass, Magnetfeldprober<sup>2</sup>, Hallsonde oder 3D-Kompass-App<sup>3</sup>

### Schritt 1:



Ein Stück Karton kann als Platzhalter zwischen zwei Strohhalmen verwendet werden. Die rote Vorlage sollte dazu ausgedruckt und auf Karton geklebt werden. Danach befestigt man an beiden langen Seiten einen Strohalm mit Klebeband.

### Schritt 2:



Mit einem Kupferlackdraht (insgesamt ca. 30 m) kann man nun die Spulen wickeln. Für 7 Windungen benötigt man ca. 3,5 m Kupferdraht, zusätzlich sollte ca. 20 cm Rest an beiden Enden eingerechnet werden. Nachdem die Spule fertig ist, kann der Platzhalter entfernt werden.

*Schritt 1 und 2 werden acht Mal wiederholt.*

### Schritt 3:



Mit Hilfe der blauen Vorlage wird nun die Halterung für die acht Spulen gefertigt. Dafür wird das Papier wieder ausgedruckt und auf einen Karton geklebt. Danach werden alle weißen Stellen mit einem Cutter entfernt.

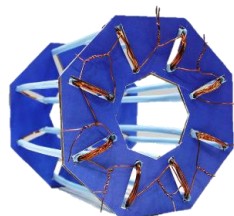
*Schritt 3 wird zwei Mal wiederholt.*

### Schritt 4:



Die Spulen werden nun in die dafür vorgesehenen Schlitzte gesteckt. Dabei muss beachtet werden, dass alle offenen Spulenenenden an derselben Seite sind. Wenn der Karton leicht knickt empfiehlt es sich, Schritt 3 viermal zu wiederholen und jeweils zwei ausgeschnittene Teile auf einander zu kleben.

### Schritt 5:



Mit Hilfe eines Feuerzeugs und/oder Sandpapiers kann nun die Isolierung an den Enden des Kupferdrahts entfernt werden. Anschließend wird das äußere Drahtende einer Spule mit dem inneren Drahtende der benachbarten Spule verdreht. Am Ende sollten noch zwei Drahtenden unverdreht bleiben, um diese mit der Spannungsversorgung zu verbinden.

<sup>1</sup> Download hier: <http://cern.ch/s-cool-lab/content/downloads>

<sup>2</sup> Z. B. Magnetfelderprober, S'Cool LAB 3D Design für 3D Drucker <https://www.thingiverse.com/thing:1722286>

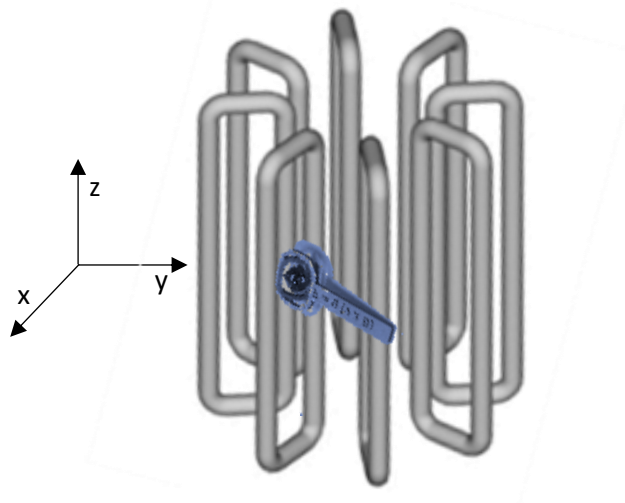
<sup>3</sup> Z. B. Magnetmeter App <https://www.plaincode.com/products/magnetmeter/> (gratis für Android, \$1.99 iOS)

## Arbeitsblatt für das Strohalm-Modell des ATLAS Magnetsystems

Mit Hilfe des folgenden Arbeitsblatts werdet ihr nicht nur das Magnetfeld des ATLAS Modells erforschen, sondern vor den Messungen eine Vorhersage der Ergebnisse treffen. erinnert euch dabei daran, was ihr schon wisst und begründet eure Vorhersage! Führt genaue Messungen durch, notiert eure Beobachtungen und bestätigt oder widerlegt die theoretischen Vorhersagen! Diskutiert Abweichungen zwischen der Vorhersage und euren Messungen!

Für alle Messungen, die in diesem Arbeitsblatt durchgeführt werden, gilt folgendes:

- 1) Die Skizzen zeigen eine/zwei oder mehrere Spulen immer von oben. Also in der xy-Ebene des untenstehenden Bildes.
- 2) In den folgenden Aufgaben werdet ihr Magnetfelder erforschen, dabei werdet ihr immer auf einer bestimmten "Höhe" messen. Diese "Höhe" entspricht im Bild unten ungefähr  $z = 0$ .



### Vergleiche dein Modell des Toroid-Magnetsystem mit dem realen ATLAS Magnetsystem!

Nutze dafür die folgenden Quellen sowie Messungen an deinem Modell und trage all Werte in die Tabelle unten ein.

[1] ATLAS Collaboration (2008): The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider In: J. Instrum. 3 (2008) S08003 <https://cdsweb.cern.ch/record/1129811>

[2] The ATLAS Experiment © 2011 CERN (2011): ATLAS Fact Sheet. <https://cds.cern.ch/record/1457044/files/ATLAS%20fact%20sheet.pdf>

	Parameter	Barrel Toroid	Modell Toroid
Dimensionen und Masse der Magnet-Systeme	Innendurchmesser		
	Außendurchmesser		
	Länge		
	Masse		
Kennwerte der Spulen	Anzahl an Spulen		
	Kabelmaterial		
	Betriebstemperatur		
	Windungszahl		
	Betriebsstromstärke		
	Spannung		
	Gesamtwiderstand		
	Durchschnittliche Magnetfeldstärke zwischen den Spulen		

## Aufgabe 1 (Einzelarbeit)



### Vorhersage

1.1 Betrachte eine der acht Spulen einzeln. Überlege dir, wie das Magnetfeld der Spule aussieht. Skizziere den Verlauf der Feldlinien in die untenliegende Abbildung.



### Beobachtung

1.2 Schließe nun deine Spule am Netzgerät an und erforsche das Magnetfeld.



### Erklärung

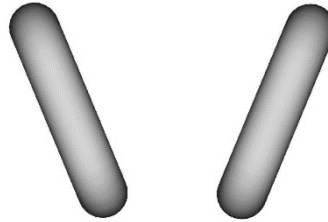
1.3. Wie unterscheidet sich deine Vorhersage in 1.1 mit deiner Beobachtung 1.2? Falls sich die Skizzen unterscheiden, woran könnte das liegen?

## Aufgabe 2 (Partnerarbeit)



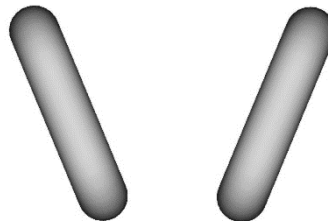
### Vorhersage

2.1 Betrachtet nun zwei Spulen. Ordnet die Spulen in etwa wie in der Abbildung unten an. Wie verlaufen die Feldlinien nun? Skizziert eure Vermutung.



### Beobachtung

2.2 Verdrillt nun das äußere Ende einer Spule mit dem inneren Ende der anderen Spule und schließt an den verbleibenden Enden das Netzgerät an. Vermisst wiederum das Feld und fertigt eine Skizze an.



### Erklärung

2.3 Wie unterscheidet sich deine Vorhersage in 2.1 mit deiner Beobachtung 2.2? Falls sich die Skizzen unterscheiden, woran könnte das liegen?

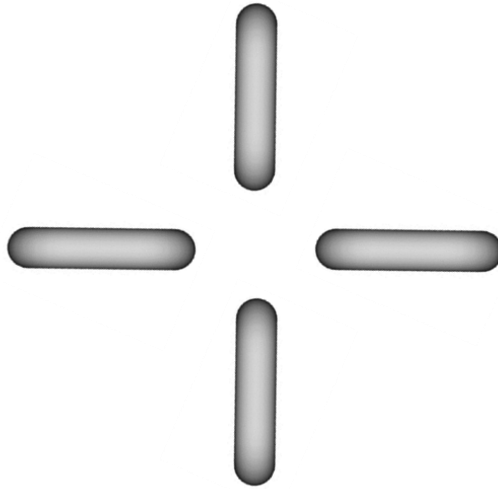
**Zusatzaufgabe:** Schließt beide Spulen einzeln an ein Netzgerät an und untersucht wie sich der Verlauf der Feldlinien mit dem Abstand der Spulen verändert. Was passiert, wenn ihr die Orientierung der Spulen zueinander ändert (z.B. 90° Winkel oder 180° Drehung)?

## Aufgabe 3 (Gruppenarbeit)



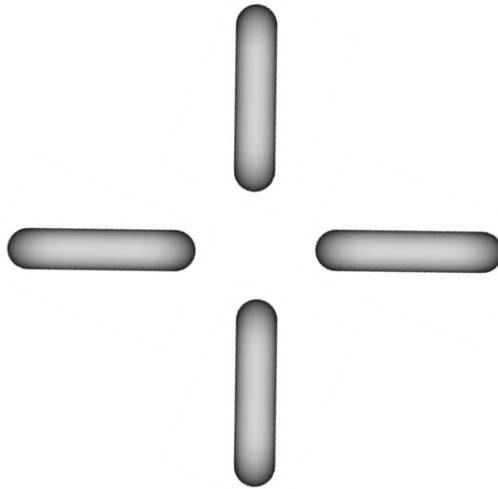
### Vorhersage

3.1 Betrachtet nun vier Spulen. Skizziert die Feldlinien in der untenliegenden Abbildung.



### Beobachtung

3.2 Verdrillt nun die äußeren Enden der Spule mit den inneren Enden der anderen Spulen. Bis am Ende nur noch 2 Enden übrig sind. An den verbleibenden Enden schließt ihr das Netzgerät an. Vermisst wiederum das Feld und fertigt eine Skizze an.



### Erklärung

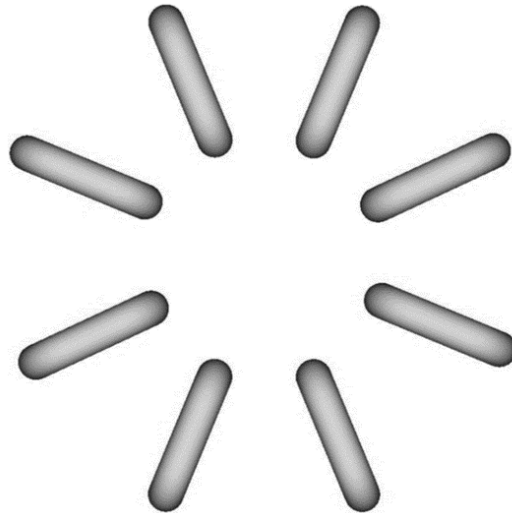
3.3 Wie unterscheidet sich deine Vorhersage in 3.1 mit deiner Beobachtung 3.2? Falls sich die Skizzen unterscheiden, woran könnte das liegen?

## Aufgabe 4 (Gruppenarbeit)



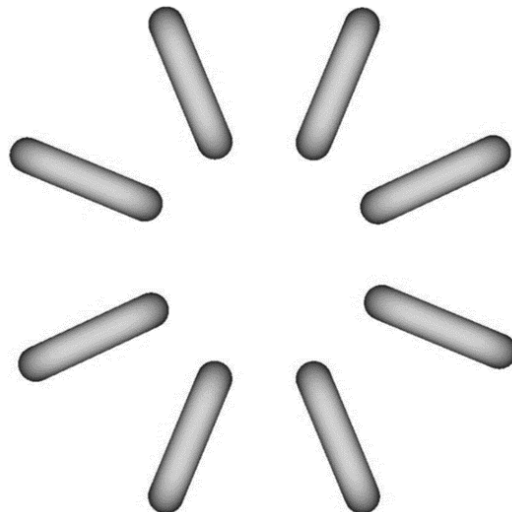
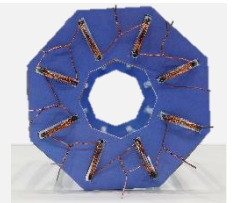
### Vorhersage

4.1 Betrachtet nun acht Spulen. Skizziert die Feldlinien in der untenliegenden Abbildung.



### Beobachtung

4.2 Verdrillt nun die äußeren Enden der Spule mit den inneren Enden der anderen Spulen. Bis am Ende nur noch 2 Enden übrig sind. An den verbleibenden Enden schließt ihr das Netzgerät an. Vermesst wiederum das Feld und fertigt eine Skizze an.



### Erklärung

4.3 Wie unterscheidet sich deine Vorhersage in 4.1 mit deiner Beobachtung 4.2? Falls sich die Skizzen unterscheiden, woran könnte das liegen?

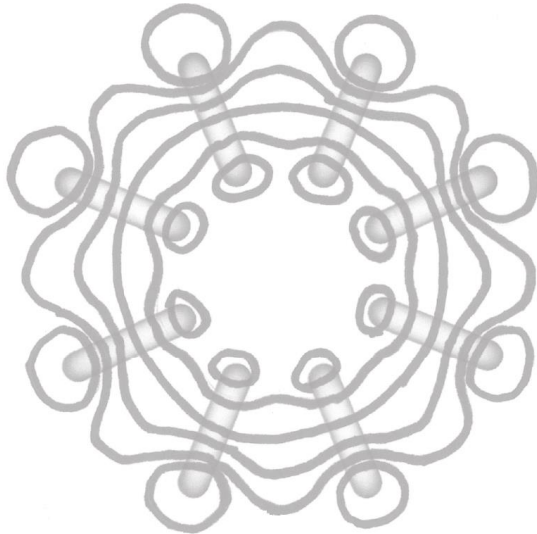


Herzlichen Glückwunsch! Vor dir steht ein Modell des Magnetsystems der ATLAS Detektors! Das echte Magnetsystem ist zwar etwa 100-mal größer, das Magnetfeld sieht aber sehr ähnlich aus.



## Lösungen

Wenn alle acht Spulen mit der Spannungsversorgung verbunden sind, sollten die Magnetfeldlinien in etwa so verlaufen, wie in unterstehender Abbildung. Es sollte ein ringförmiges Magnetfeld zwischen den Spulen erzeugt werden, in den Außenbereichen um die Spulen ist das Magnetfeld deutlich inhomogener.



### Vergleich: Modell vs. reales ATLAS Magnetsystems

	Parameter	Barrel Toroid	Modell Toroid (Werte variieren je nach Bauweise!)
Dimensionen und Masse der Magnet-Systeme	Innendurchmesser	9,4 m	10 cm
	Außendurchmesser	20,1 m	20 cm
	Länge	25,3 m	24 cm
	Masse	830 t	200 g
Kennwerte der Spulen	Anzahl an Spulen	8	8
	Kabelmaterial	Niob-Titan	Kupferlackdraht, $\varnothing$ 1 mm
	Betriebstemperatur	4,5 K	Raumtemperatur
	Windungszahl	120 pro Spule	7 pro Spule
	Betriebsstromstärke	20,5 kA	1 A
	Spannung	16 V	1 V
	Gesamtwiderstand	0,160 m $\Omega$	1 $\Omega$
	Durchschnittliche Magnetfeldstärke zwischen den Spulen	0,5 T	0,2 mT