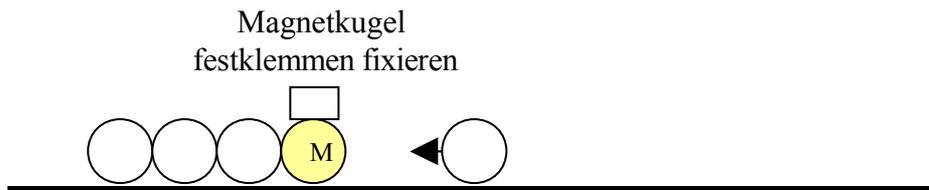


# Zur Magnetkanone

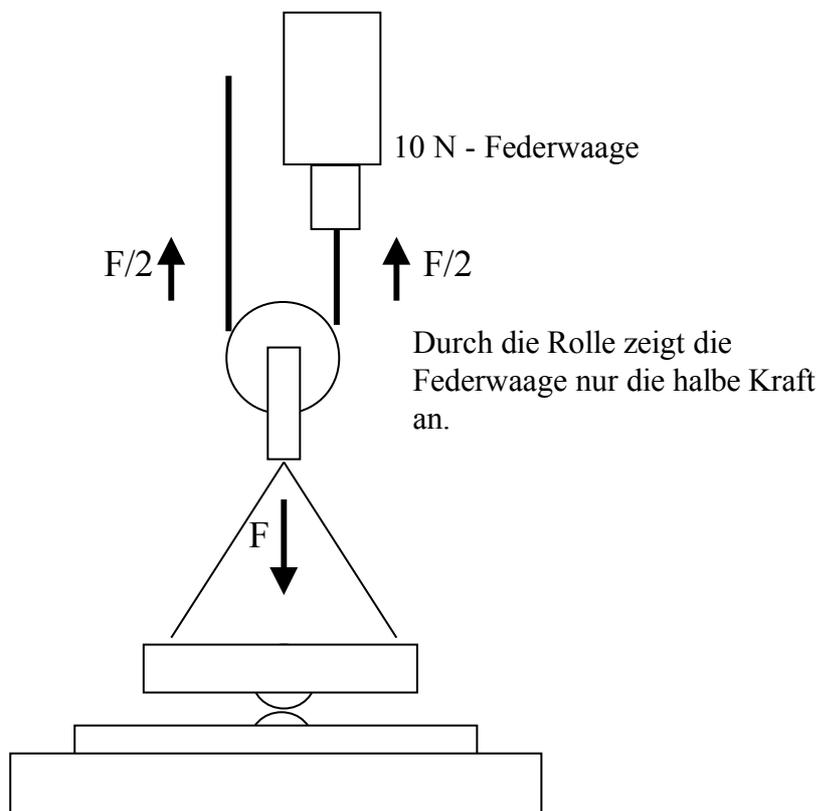
Eine Magnetkugel und mehrere Eisenkugeln werden auf eine Schiene gelegt. Eine weitere Eisenkugel lässt man jetzt langsam auf die Magnetkugel zurollen. Durch die Magnetkugel (M) wird die rechte (vorerst langsame) Kugel stark beschleunigt und der Impuls wird über die Kugelreihe übertragen, sodass die linke Kugel mit großer Geschwindigkeit wegschießt.



Wichtig ist, dass die Magnetkugel fixiert wird, da sich sonst die Magnetkugel (mit den anderen) auch auf die anrollende Kugel zubewegt, was den Effekt verringert

## 1 Die Bestimmung der Magnetkraft

Dazu habe ich zwei Vorrichtungen gebaut. In der Schiene auf dem Holzbrett befindet sich eine Magnetkugel. In der kurzen Schiene mit der Schnur wird eine Eisenkugel eingelegt. Ohne Zwischenlage ist die Ablösekraft größer als 10 N, weshalb wir dort eine Rolle verwenden.



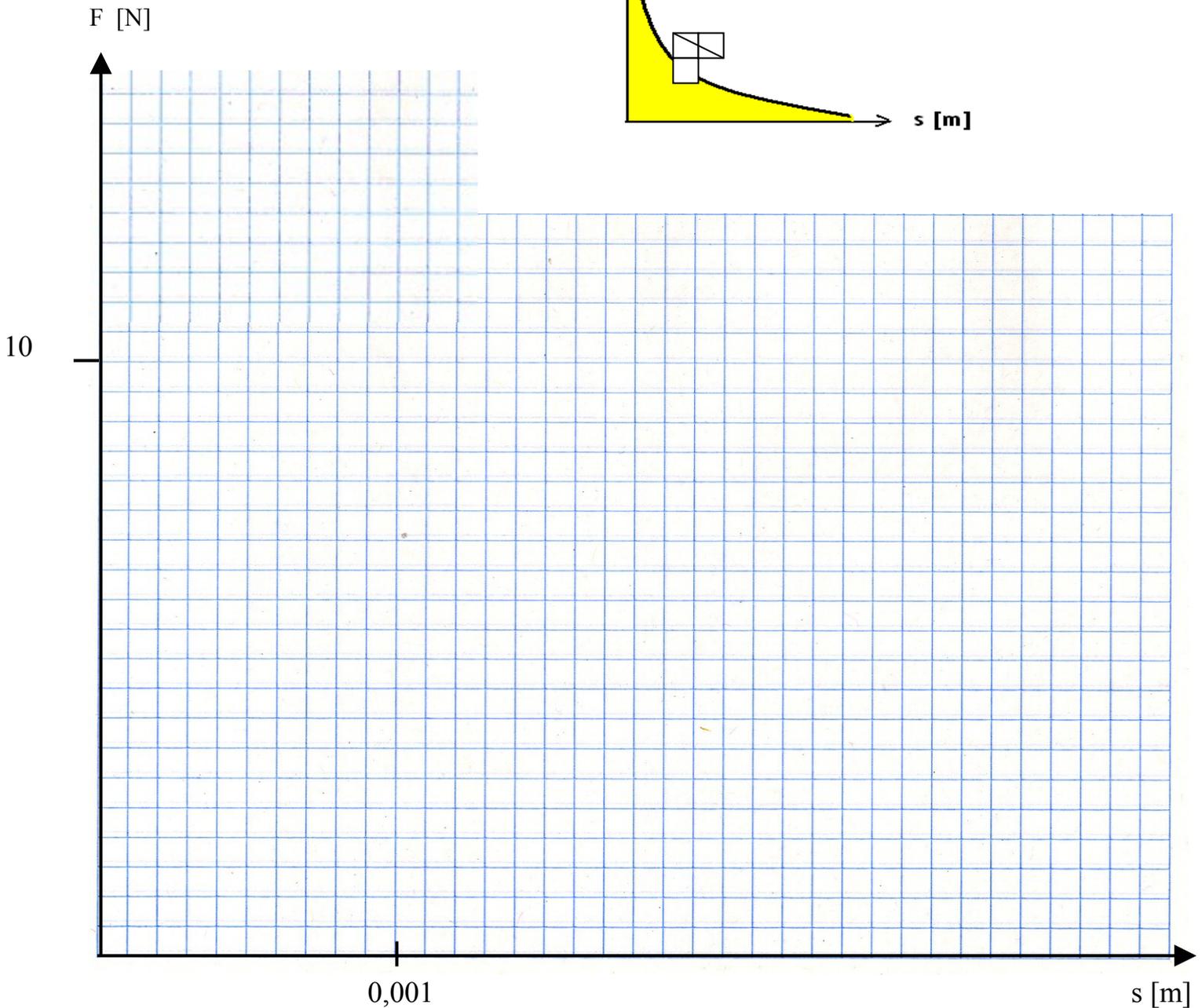
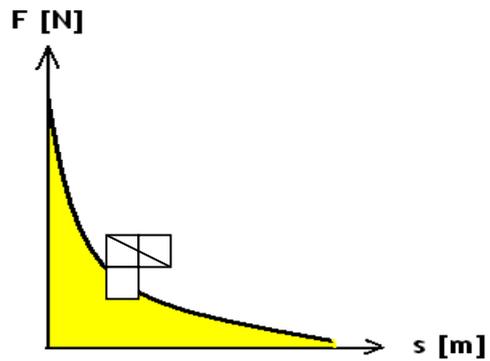
Das Holzstück kann ein Schüler einfach auf dem Tisch halten. Auch die Federwaage und das zweite Seilende hält man einfach von Hand.

Wenn Zwischenlagen verwendet werden (dünnes Aluminium und ein oder zwei Plastikscheiben) benötigt man die Rolle nicht mehr.

Abstand s [mm]	0			
Abstand s [m]	0			
Kraft [N]				

Dann erstellen wir das F-s Diagramm aus dessen Fläche wir die „potentielle“ Magnetenergie ablesen können.

Die Fläche bestimmt man durch Abzählen der ganzen Kästchen und Abschätzen der Teilkästchen.



Zahl der ganzen Kästchen = ..... Teilkästchen abgeschätzt = .....

Summe = .....

$\Delta F = \dots\dots\dots$  Welche Kraft entspricht der Kästchenhöhe

$\Delta s = \dots\dots\dots$  Welcher Weg entspricht der Kästchenbreite

Arbeit die einem Kästchen entspricht =  $\Delta F * \Delta s = \dots\dots\dots$

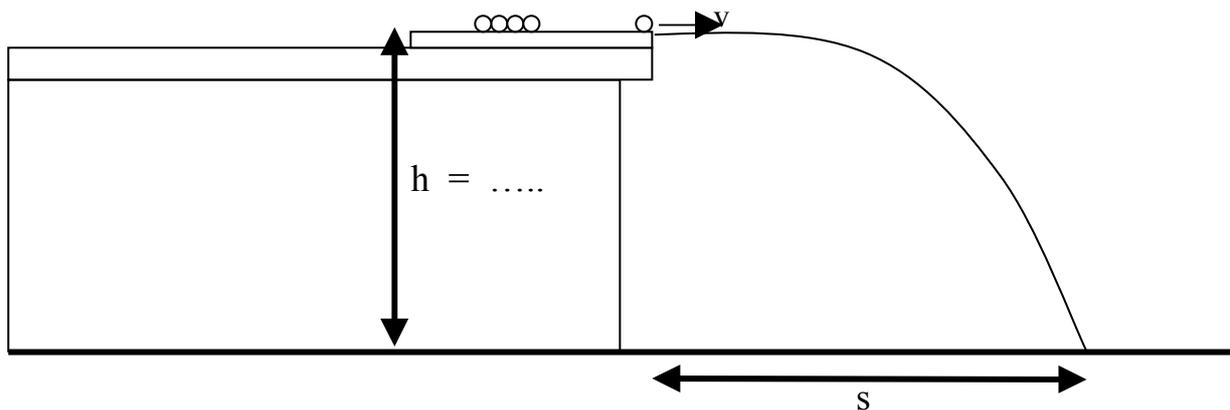
Die Arbeit (Energie) die der Gesamtfläche entspricht = .....

Diese Magnetenergie entspricht in etwa der kinetischen Energie der auslaufenden Kugel. Genau müsste man die kinetische Energie der einlaufenden Kugel und die Magnetkraft (weitere potentielle Energie) bei der auslaufenden Kugel auch noch berücksichtigen.

Die Kugelmasse beträgt:  $m = 9$  Gramm

**Vereinfacht:** (Fläche =)  $E_M = E_{kin} = \frac{m v^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$

**Zur Überprüfung berechnen wir die Wurfweite  $s$  beim waagrechten Wurf.**



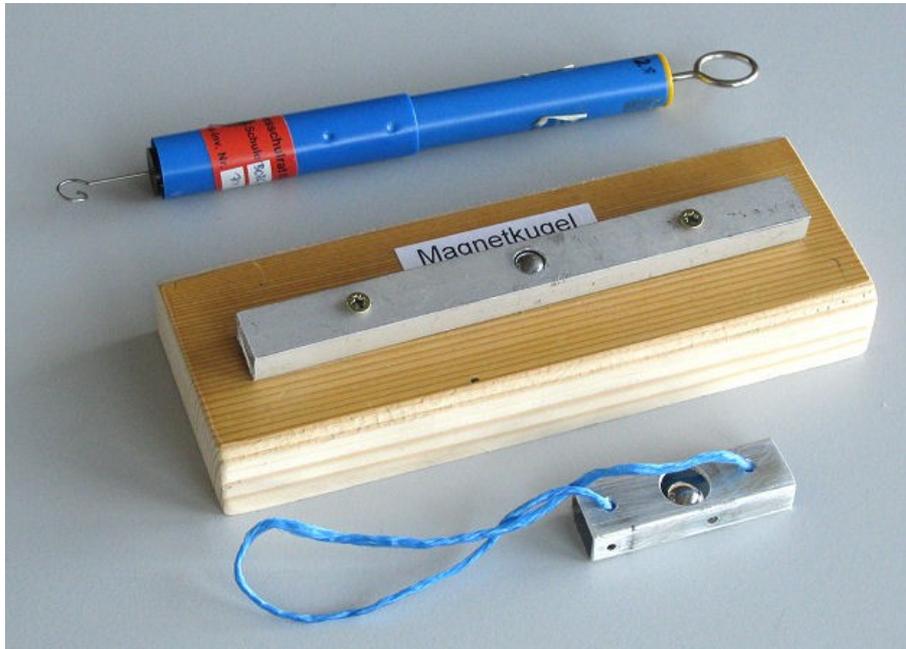
$$h = g/2 * t^2 \Rightarrow t = \sqrt{2 h / g} = \dots\dots\dots$$

$$s = v * t = \dots\dots\dots$$

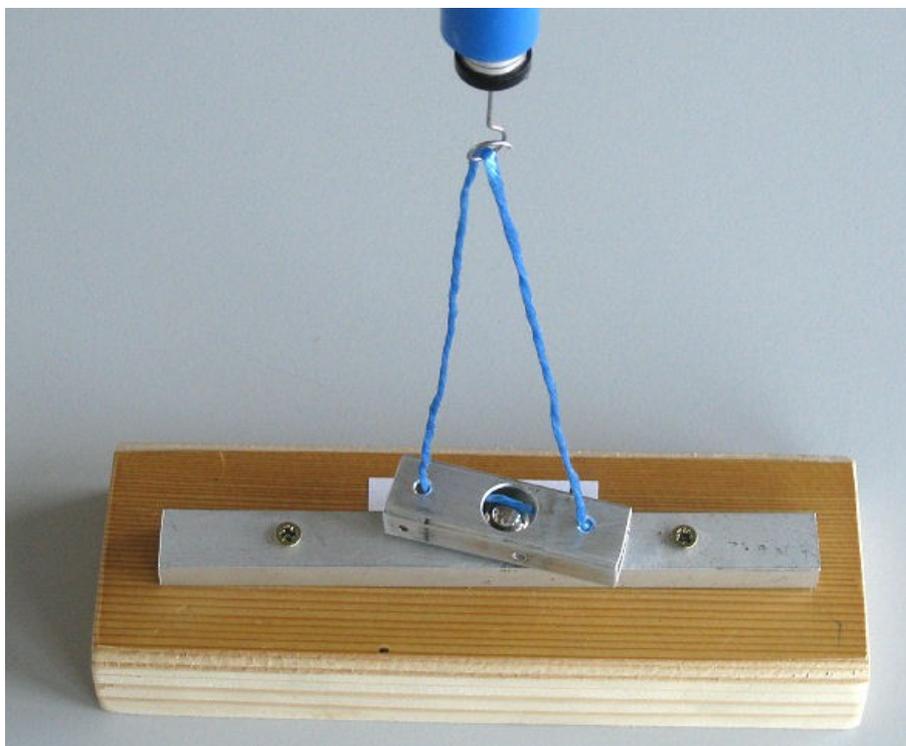
Der Versuch wird eine kleinere Wurfweite ergeben, da Verluste auftreten und die Kugel auch noch Rotationsenergie erhält. Weiters wird die auslaufende Kugel durch den Magneten auch noch leicht abgebremst.

Gemessene Wurfweite  $s = \dots\dots\dots$

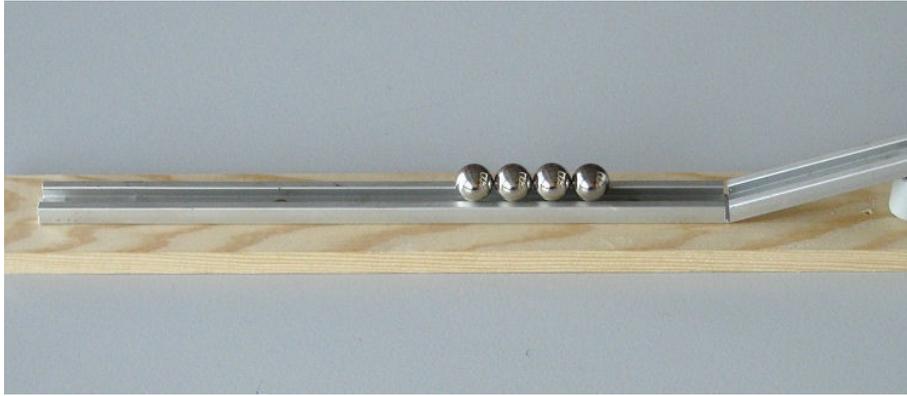
## Lehrerhandreichung:



Auf dem Holzbrett befindet sich eine weitere Magnetkugel, in der kurzen Schiene eine Eisenkugel.



Mit der Federwaage wird jetzt die Ablösekraft gemessen. Einmal ohne Zwischenlage und dann habe ich ein 0,6 mm dickes Alublech, ein 1,4 mm dicke Plasticscheibe und 2 Plasticscheiben zwischen die Kugeln gegeben.



Als Führungsschiene dient ein Aluprofil. Ganz rechts die Magnetkugel, die dann noch fixiert werden muss. Dies erfolgt mit einem schmalen Holzstück, welches auf die Magnetkugel gepresst wird. Eine weitere Eisenkugel lässt man dann langsam von rechts auf die Magnetkugel zulaufen und die linke Kugel schießt weg.

### Ergebnisse:

Abstand s [mm]	0	0,6	1,4	2,8
Abstand s [m]	0	0,0006	0,0014	0,0028
Kraft [N]	14	9,5	5,3	2

Zahl der ganzen Kästchen = .....350..... Teilkästchen abgeschätzt = .....20....

Summe = ...370.....

$\Delta F = \dots\dots 0,5 \dots\dots$  Welche Kraft entspricht der Kästchenhöhe

$\Delta s = \dots\dots 0,0001 \dots\dots$  Welcher Weg entspricht der Kästchenbreite

Arbeit die einem Kästchen entspricht =  $\Delta F * \Delta s = \dots\dots 0,00005 \text{ J} \dots\dots$

Die Arbeit (Energie) die der Gesamtfläche entspricht = .....0,02 J.....

Die Kugelmasse beträgt:  $m = 9 \text{ Gramm}$

**Vereinfacht:** (Fläche =)  $E_M = E_{kin} = \frac{m v^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{\quad} = \dots 2,1 \text{ m/s} \dots$

**Zur Überprüfung berechnen wir die Wurfweite s beim waagrechten Wurf.**

$h = g/2 * t^2 \Rightarrow t = \sqrt{2h/g} = \dots\dots 0,428 \text{ s} \dots\dots$

$s = v * t = \dots\dots 0,83 \text{ m} \dots\dots$

Der Versuch wird eine kleinere Wurfweite ergeben, da Verluste auftreten und die Kugel auch noch Rotationsenergie erhält. Weiters wird die auslaufende Kugel durch den Magneten auch noch leicht abgebremst.

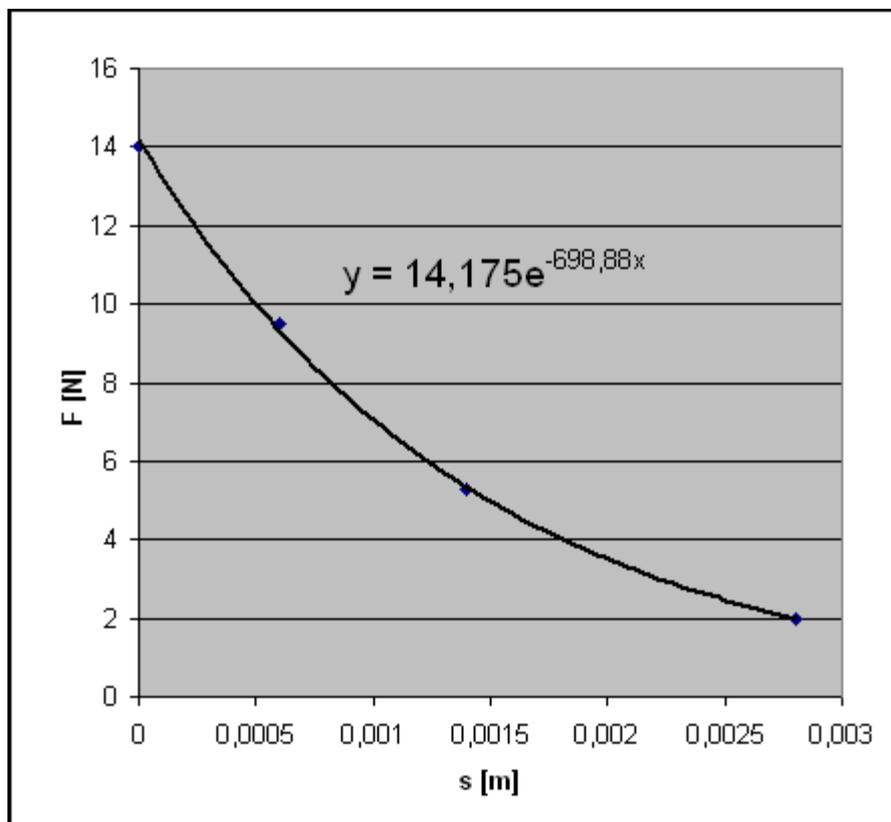
Gemessene Wurfweite  $s = \dots\dots 50 - 60 \text{ cm} \dots\dots$

### Berechnung mit dem Integral:

Bei Schülern aus der 8. Klasse kann die Fläche auch mit dem Integral ermittelt werden. Dazu gibt man zuerst die Messwerte in EXCELL ein und ermittelt die Trendlinie. Mit dem TI oder auch von Hand kann dann das Integral berechnet werden.

### Magnetkanone

s [m]	F [N]
0	14
0,0006	9,5
0,0014	5,3
0,0028	2



Das Integral mit dem TI-84 in den Grenzen von 0 bis 1 liefert  
 $A = W = 0,0203 \text{ J}$

### Bezugsquelle:

Kugeln mit dem Durchmesser 12,7 mm kann man z.B. bei [www.supermagnete.de](http://www.supermagnete.de) bestellen.