

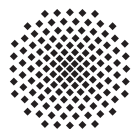
# Praktische Einführung in die Chemie

## Integriertes Praktikum:

---

### Versuch 1-4 (BPH)

#### Bindungstheorie und Physikalische Eigenschaften



**Universität Stuttgart**

Versuchs-Datum:	25. April 2012
Gruppennummer:	8
Gruppenmitglieder:	Domenico Paone Patrick Küssner Michael Schmid
Assistent/-inn:	Frau Bolsinger

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Theorie</b>	<b>3</b>
1.1 Die Elektronegativität . . . . .	3
1.2 Die Ionenbindung . . . . .	3
1.3 Intermolekulare Kräfte . . . . .	3
1.4 Die Molekülorbitaltheorie . . . . .	4
1.5 Bändertheorie . . . . .	4
1.6 Magnetismus . . . . .	4
<b>2 Schmelzen von Salzen und Salzmischung</b>	<b>5</b>
2.1 Aufgabenstellung . . . . .	5
2.2 Versuchsaufbau/Versuchsdurchführung . . . . .	5
2.3 Beobachtungen . . . . .	5
2.4 Versuchsauswertung . . . . .	5
<b>3 Erhitzen, Abkühlen und Abschrecken von Schwefel</b>	<b>7</b>
3.1 Aufgabenstellung . . . . .	7
3.2 Versuchsaufbau/Versuchsdurchführung . . . . .	7
3.3 Beobachtungen . . . . .	7
3.4 Versuchsauswertung . . . . .	7
<b>4 Bestimmung der Leitfähigkeit eines metallischen Leiters</b>	<b>8</b>
4.1 Aufgabenstellung . . . . .	8
4.2 Versuchsdurchführung . . . . .	8
4.3 Beobachtungen . . . . .	8
4.4 Deutung und Auswertung . . . . .	9
<b>5 Magnetismus</b>	<b>10</b>
5.1 Aufgabenstellung . . . . .	10
5.2 Versuchsdurchführung . . . . .	10
5.3 Beobachtungen . . . . .	10
5.4 Versuchsauswertung . . . . .	10

# 1 Theorie

## 1.1 Die Elektronegativität

Die Elektronegativität ist ein Maß dafür, wie stark ein Atom ein Elektron anziehen kann. Sie nimmt innerhalb einer Periode von links nach rechts zu (Flour ist das elektronegativste Element) und nimmt innerhalb einer Gruppe von oben nach unten ab (Caesium ist das am wenigsten elektronegative Element). Zwischen zwei verschiedene Bindungspartnern herrscht eine Elektronegativitätsdifferenz, die entscheidend ist für die Art der Bindung.

## 1.2 Die Ionenbindung

Ist die Elektronegativitätsdifferenz größer als zwei, so herrscht zwischen zwei Atomen eine Ionenbindung. Dabei gibt das schwächere elektronegative Element sein Elektron an das elektronegativere Element ab, wodurch Kationen und Anionen entstehen. Diese Ione ordnen sich regelmäßig zueinander an und ein fester Stoff entsteht.

## 1.3 Intermolekulare Kräfte

### Van-Der-Waals-Kräfte

Die Van der Waals Kräfte sind die schwächste Art der intermolekularen Wechselwirkungen. Diese sind Kräfte, die zwischen unpolaren Atomen oder Moleküle herrschen. Sie entstehen durch Fluktuationen, wodurch der Ladungsschwerpunkt kurzzeitig getrennt wird. Dadurch wiederum wird ein Dipolmoment induziert (Dispersionseffekt). Verbindungen, die nur durch VDWKs zusammengehalten werden, besitzen meistens einen geringen Schmelz- und Siedepunkt und eine hohe Flüchtigkeit.

### Dipol-Dipol-Wechselwirkungen

Diese sind Wechselwirkungen zwischen zwei permanenten Dipolen. Das permanente Dipolmoment eines Moleküls ist abhängig von der Molekülgeometrie. Dies bedeutet, dass es eine bestimmte Vorzugsrichtung besitzt. Kräfte zwischen permanenten Dipolen sind stärker als zwischen fluktuierenden Dipolen.

### Ionenbindung

Die Ionenbindung stellt die stärkste Art der intermolekularen Bindung dar. Sie entsteht durch *Coulombsche* Anziehungskräfte zwischen Kationen und Anionen.

### Die Elektronenpaarbindung

Ist die Elektronegativitätsdifferenz kleiner als zwei, so versuchen Atome ein Elektronenoktett zu erreichen, indem sie sich gemeinsam ein Elektronenpaar teilen. Ist die EN Differenz ( $\Delta EN$ ) gleich 0, so liegt eine homolytische Spaltung vor und jedem Partner verbleibt ein Elektron aus jeder Bindung. Ist die  $\Delta EN$  ungleich 0, so liegt eine heterolytische Spaltung vor und das Elektronenpaar wird dem elektronegativerem Partner zugeteilt.

## 1.4 Die Molekülorbitaltheorie

Die MO-Theorie dient zur Beschreibung der Bindungsverhältnisse durch die Linearkombinationen aus den Atomorbitalen.

### $\sigma$ - Bindung

Die  $\sigma$ -Bindung entsteht, wenn zwei Atome sich mit ihren s-Orbitalen nähern, sodass sie addiert werden können. Dadurch entsteht ein bindendes  $\sigma$ -Orbital und (um mathematisch korrekt zu bleiben) ein antibindendes  $\sigma^*$ -orbital.

### $\pi$ -Bindung

Die  $\pi$ -Bindung entsteht, wenn sich zwei p-Orbitale nähern, wodurch eine Linearkombination möglich ist.

### Molekülorbitalschema

Das Molekülorbitalschema ist ein Energieschema, welches aufzeigt, dass bindende Molekülorbitale immer energetisch günstiger sind als antibindende Molekülorbitale. Eine Bindung findet nur statt, wenn mehr bindende als antibindende Orbitale gefüllt sind.

## 1.5 Bändertheorie

Die Bändertheorie ist ein Modell zur Beschreibung mehratomiger Moleküle durch Bänder. Dabei entstehen verschiedene Energiebereiche. Das Band im bindenden Energiebereich nennt man Valenzband, das Band im antibindenden Energiebereich nennt man Leitungsband und der Energiebereich dazwischen (verbotene Zone) nennt man Bandlücke. Durch das Bändermodell lässt sich die Leitfähigkeit von Metallen erklären.

## 1.6 Magnetismus

Der Magnetismus ist eine wichtige Eigenschaft, die durch die Valenzelektronen eines Stoffes bestimmt wird. Elektronen, die den gleichen Raum belegen unterscheiden sich durch ihre Spinrichtung, die durch die magnetische Spinquantenzahl qualifiziert wird. Es gibt aber auch Ausnahmen, bei denen im gleichen Orbital die Elektronen die selbe Spinrichtung haben, wodurch man zwischen Diamagnetismus und Paramagnetismus differenzieren muss. Besitzt ein Stoff nur gepaarte Elektronen, so zeigt dieser keinen Effekt auf ein äußeres Magnetfeld und man spricht von Diamagnetismus. Besitzt ein Stoff auch gepaarte Elektronen, so zeigt dieser eine Anziehung auf ein magnetisches Feld und man spricht von Paramagnetismus.

## 2 Schmelzen von Salzen und Salzmischung

### 2.1 Aufgabenstellung

Es soll dokumentiert werden, wie viel Energie zum Schmelzen von Salzen und Salzmischungen nötig ist.

### 2.2 Versuchsaufbau/Versuchsdurchführung.

Auf eine Magnesiumrinne werden nacheinander die Salze Natriumsulfat ( $Na_2SO_4$ ) und Kaliumnitrat ( $KNO_3$ ) in der Bunsenbrennerflamme (über dem hellblauen Innenkegel der Flamme) zum Schmelzen gebracht. Es wird die Zeit gemessen die, die Salze brauchen um zu schmelzen (hier: bei voller Flamme). Danach wird im Mörser eine Mischung aus beiden Salzen (Verhältnis 1 : 1) vorbereitet und ebenfalls auf der Magnesiumrinne in die Bunsenbrennerflamme gehalten. Es gilt aber zu beachten, dass nach jedem Schmelzvorgang die Magnesiumrinne mit demineralisiertem Wasser ausgespült wird.

### 2.3 Beobachtungen

Nach einiger Zeit kann beobachtet werden, dass alle Salze  $Na_2SO_4$ ,  $KNO_3$  und das Salzgemisch beginnen zu schmelzen.

### 2.4 Versuchsauswertung

Zu folgenden Messergebnissen kommen die Mitglieder der Gruppe 8:

Salz, bzw. Salzgemisch	Zeit	Art der Bunsenbrennerflamme
$Na_2SO_4$	1.45 min	volle Brennerflamme
$KNO_3$	0.19 min	volle Brennerflamme
Salzgemisch (1:1)	0.15 min	volle Brennerflamme

Wie man aus der Tabelle erkennen kann, weist  $Na_2SO_4$  die höchste Schmelztemperatur auf. Es handelt sich also um eine Ionenbindung. Die Schmelztemperatur von  $Na_2SO_4$  liegt bei ca.  $888^\circ C$ <sup>1</sup>.  $KNO_3$  dagegen beginnt seinen Aggregatzustand bereits nach kurzer Zeit zu ändern. Somit liegt nicht nur die Schmelztemperatur (bei ca.  $334^\circ C$ )<sup>2</sup> weit aus tiefer als bei  $Na_2SO_4$  sondern die Bindung der Atome scheint auch weniger ionisch zu sein. Das Stoffgemisch, bzw. Salzgemisch beginnt ebenfalls sehr schnell zu schmelzen, dies liegt vermutlich aber daran, dass es sich bei dem Gemisch um ein *eutektischen Gemisch* (siehe unten) handelt. Dabei nimmt die Schmelztemperatur ab.

#### Eutektikum/eutektisches Gemisch

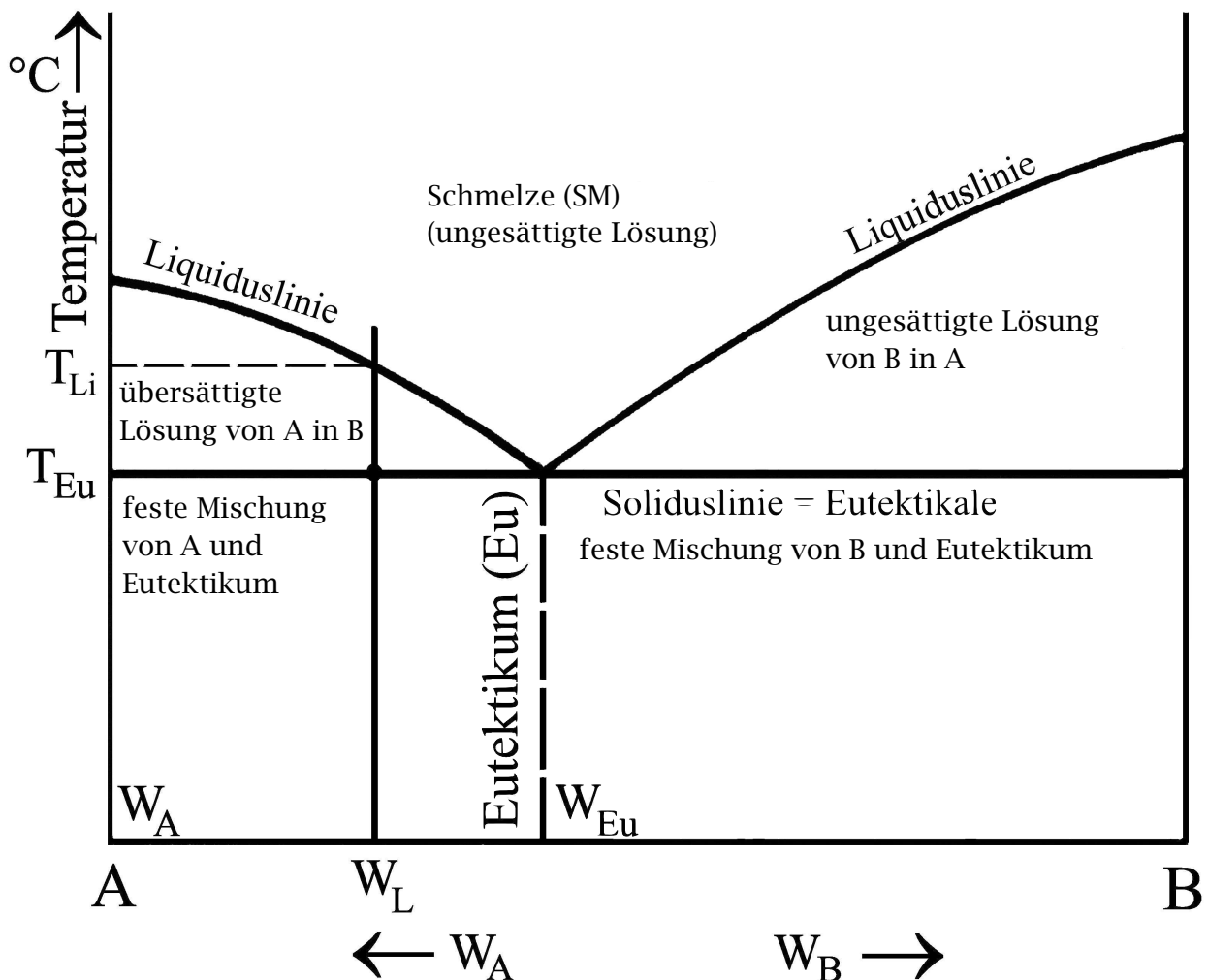
Das *Eutektikum* ist ein Phasengleichgewicht. Die Freiheitsgrade im Eutektikum sind nur im einem kleinem Bereich wählbar. Das Eutektikum wird in der Regel in einem Phasendiagramm mit nur zwei Freiheitsgraden (Temperatur und Konzentration) dargestellt. Im

---

<sup>1</sup>Wikipedia

<sup>2</sup>Wikipedia

Eutektischen Punkt sind die Phasen eines Systems (verschiedene Schmelzen) im Gleichgewicht.<sup>3</sup> Ein Stoffgemisch aus mehreren Stoffen (hier: zwei verschiedenen Salze) die sich in diesem Gleichgewicht in einem Phasendiagramm befinden bezeichnet man als *eutektisches Gemisch*. Am folgendem Bild soll der Begriff Eutektikum veranschaulicht werden:



In der Skizze sind Schmelzkurven verschiedener Stoffgemische, zum Beispiel von Metallen oder Salzen dargestellt. Im Versuch ist Stoff A Kaliumnitrat und Stoff B Natriumsulfat. Auf der y-Achse wird die Temperatur angegeben und auf der x-Achse der Molanteil der Stoffe (Die Skizze entspricht nicht der des Versuches, sie dient zur Veranschaulichung). Der Knick wird als eutektischer Punkt bezeichnet, an dem man die Schmelztemperatur des Gemisches ablesen kann und den damit zusammenhängenden prozentualen Molanteil der einzelnen Stoffe A und B. Beim Schmelzen liegt eine ungesättigte Lösung vor. Die übersättigte Lösung wird erreicht, wenn die Schmelztemperatur außerhalb des eutektischen Punktes erreicht wird.<sup>4</sup>

<sup>3</sup><https://de.wikipedia.org/wiki/Eutektikum>

<sup>4</sup>Holleman-Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, S. 735 f.

## 3 Erhitzen, Abkühlen und Abschrecken von Schwefel

### 3.1 Aufgabenstellung

Es sollen die verschiedenen Modifikationen von Schwefel beobachtet werden.

### 3.2 Versuchsaufbau/Versuchsdurchführung

In ein Reagenzglas wird Schwefel bis Daumnagelhöhe gefüllt. Dieses wird in der Bunsenbrennerflamme erhitzt, bis es beginnt zu schmelzen. Ein Teil des flüssigen Schwefels wird in Eiswasser abgeschreckt. Der Rest des flüssigen Schwefels wird in der Bunsenbrennerflamme zum Sieden gebracht, um die einzelnen Modifikationen des Schwefels zu untersuchen.

### 3.3 Beobachtungen

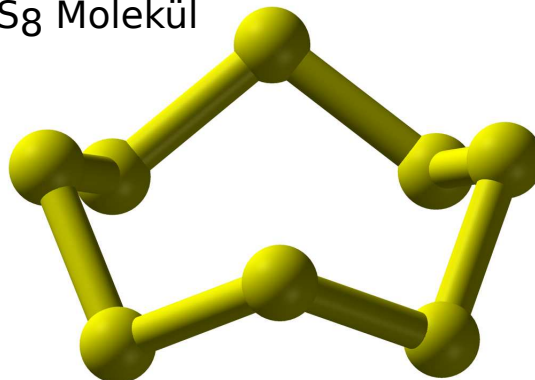
Es sind verschiedene Übergänge zu beobachten. Zunächst wird das Schwefel zum schmelzen gebracht. Die Farbe verändert sich dabei von gelb zu einem rot-gelb. Beim Abschrecken dieser rot-gelben Schmelze in Eiswasser nimmt das Schwefel wieder eine gelbe, feste Form an. Wird die Schmelze weiter erhitzt, ändert diese bereits nach kurzer Zeit die Farbe. Die Schmelze wird Schwarz, bleibt aber weiterhin flüssig. Erst nach weiteres Erhitzen bringt zum Sieden es entsteht gelbes Gas und an der Innenwand des Reagenzglases bildet sich ein rötlich-schwarzer Niederschlag.

### 3.4 Versuchsauswertung

Der gelbe Feststoff wird auch als  $\alpha$ -Schwefel bezeichnet. Die hellgelbe Flüssigkeit (bis  $119^\circ\text{C}$ ) ist  $\lambda$ -Schwefel (Cyclooctaschwefel). Bei der schwarzen, zähen Flüssigkeit handelt es sich um polymer Schwefel (ab ca.  $159^\circ\text{C}$ ) und bei der schwarzen, dünnflüssigen Flüssigkeit handelt es sich um kurzzeitig polymer Schwefel, dieser Zustand ist aber kaum, bzw. gar nicht im Versuch erkennbar

$\alpha$ -Schwefel:

S<sub>8</sub> Molekül



Zwischen den einzelnen Schwefelatomen herrschen kovalente Bindungen. Zwischen den einzelnen Schwefelringen S<sub>8</sub> liegen VAN-DER-WAALS-Kräfte vor. Es handelt sich hier also

um fluktuierende- und induzierte Dipole. Wird eine Schmelze gasförmig bezeichnet man dies als *verdampfen*, andersherum als *kondensieren*. Wandelt sich ein Feststoff zu einer Flüssigkeit, wird dies als *schmelzen* bezeichnet, umgekehrt als *erstarren*. Wird ein Feststoff sofort Gasförmig und überspringt so zu sagen den flüssigen Aggregatzustand, wird dies als *sublimieren*, bzw. bei umgekehrter Richtung als *resublimieren* bezeichnet. Bei einer Änderung des Aggregatzustandes handelt es sich um einen physikalischen Vorgang. Die chemischen Eigenschaften eines Stoffes werden also nicht verändert.

## **4 Bestimmung der Leitfähigkeit eines metallischen Leiters**

### **4.1 Aufgabenstellung**

Der Widerstand eines Kupferdrahtes soll bei unterschiedlichen Temperaturen bestimmt werden.

### **4.2 Versuchsdurchführung**

Ein mit Kupferdraht umwickeltes Glasrohr wird in der Vorrichtung (ein Gestell mit zwei Klemmen) befestigt. In die Mitte des Glasrohres wird der Messfühler des Thermometers platziert. Der Kupferdraht wird durch Kabel und Klemmen mit der Stromquelle, die als Messgerät dient angeschlossen (Die Stromquelle gibt die Spannung und die Stromstärke an). Es wird bei Raumtemperatur der Strom und die Spannung gemessen. Danach wird das Glasrohr samt Draht auf circa 200°C mit einem Heizföhn erhitzt. Anschließend ist alle 10 – 15°C Schritten der Strom und die Spannung zu messen. Nach dem eine Temperatur von 75°C erreicht wird, ist der Versuch beendet. Die Spannung sollte während des ganzen Versuches konstant bleiben.

### **4.3 Beobachtungen**

Eine Erwärmung der Spule (Kupferdraht) ist zu bemerken sobald Strom fließt. Der Widerstand sinkt mit fallender Temperatur. Die Stromstärke ist also umgekehrt proportional zur Temperatur.



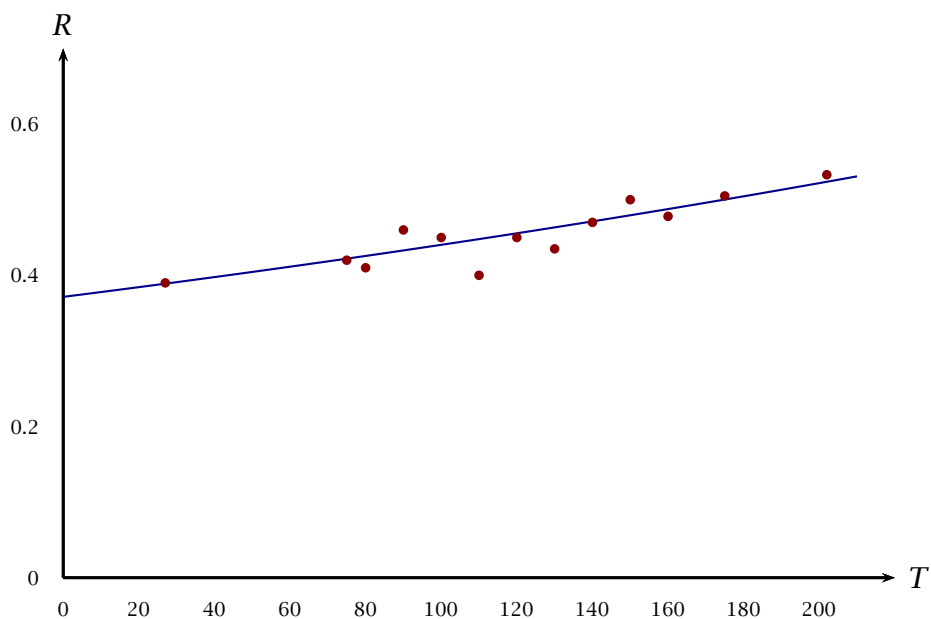
## 4.4 Deutung und Auswertung

Folgende Messwerte wurden ermittelt:

Temperatur (in °C)	Spannung U (in V)	Stromstärke I (in A)	Widerstand ( $R = \frac{U}{I}$ )
202	1.2	2.3	0.533
190	1.8	2.28	0.789
175	1.1	2.18	0.505
160	1.1	2.3	0.478
150	1.1	2.2	0.5
140	1.1	2.34	0.47
130	1.1	2.3	0.435
120	0.9	2	0.45
110	1	2.16	0.46
100	1	2,24	0.45
90	1	2.19	0.46
80	0.9	2.18	0.41
75	1	2.36	0.42
27	1	2.53	0.39

Zur Veranschaulichung der Messergebnisse werden alle Werte in ein Diagramm aufgetragen und mit dem Formeltyp  $f(x) = a \cdot e^{bx}$  eine Regressionskurve eingefügt. Die Messung bei 190°C wird nicht berücksichtigt, da das Ergebnis sich zu stark von den anderen Werten unterscheidet. Auf der x-Achse ist die Temperatur dargestellt und auf der y-Achse der Widerstand R. Folgende Regressionskurve ergibt sich somit aus den Werten (mit GnuPlot oder Excel zu bestimmen):

$$R(T) = 0.3715 e^{0.0017T}$$



## 5 Magnetismus

### 5.1 Aufgabenstellung

Im Versuch soll das magnetische Verhalten eines Gadoliniumstab in Abhängigkeit der Temperatur dokumentiert werden.

### 5.2 Versuchsdurchführung

An ein Ende eines Gadoliniumstab, der mit Plastik umwickelt wird, wird ein Permanentmagnet befestigt. Das andere Ende wird an ein mit Eisenpulver befülltes Gefäß gehalten. Dabei wird dokumentiert wie die Eisenpartikel reagieren (ob sie auf ein mögliches Magnetfeld reagieren oder nicht). Dies wird noch einmal mit einem gekühlten und einem Hand-gewärmten Gadoliniumstab durchgeführt. Der Gadoliniumstab wird in Eiswasser gekühlt.

### 5.3 Beobachtungen

Je kälter der Gadoliniumstab ist desto ferromagnetisch ist er. Bei Hand-gewärmter Temperatur zeigt der kein magnetisches Verhalten, aber bei Raumtemperatur (geringe Wirkung) und vor allem bei gekühlter Temperatur.

### 5.4 Versuchsauswertung

Der zeigt, dass es Stoffe gibt, wie zum Beispiel Gadolinium, die nur unterhalb einer bestimmten Temperatur (unter der Curie Temperatur) ferromagnetische Eigenschaften besitzen.

**Wie wird die Temperatur bezeichnet, bei der ein ferromagnetischer Stoff diese Eigenschaft verliert?**

Man bezeichnet die Temperatur als Curie-Temperatur.

**Wie hoch ist diese Temperatur bei Gadolinium?**

Sie liegt bei Gadolinium bei ca. 293.5 K, also 19.3 °C.