

Reine Kohlenstoffstrukturen

eine GFS in Fach Chemie von Jonathan Meier

19. Januar 2006

Jonathan Meier ist Schüler des St. Raphael Gymnasiums in Heidelberg. Er besucht zur Zeit die Jahrgangsstufe 13 im Schuljahr 2005/2006 und hält diese GFS im Fach Chemie. Fachlehrer ist Herr P. Schmider. Dieses Dokument ist die zu einer GFS gehörende Hausarbeit. Sie wurde am 16. Januar bei Herr Schmider abgegeben

GFS © 2006 Jonathan Meier

Gesamtzusammenfassung herunterladbar unter <http://www.koepfel.de/chemiegfs.html>

Inhaltsverzeichnis

1 Bindungsstrukturen des Kohlenstoffs	3
1.1 Diamant-ähnlich	3
1.2 Graphit-ähnlich	3
1.3 Dreifachbindungen	3
2 Formen der Kohlenstoffs	3
2.1 Diamant	4
2.2 Graphit	4
2.3 Fullerene	4
3 Nanoröhren	5
3.1 Aufbau	5
3.1.1 Zick-Zack Struktur	5
3.1.2 Armchair Struktur	6
3.1.3 Chiral Struktur	6
3.2 Anwendungen	8
4 Anhang	9
4.1 Quellen	9

1 Bindungsstrukturen des Kohlenstoffs

Kohlenstoff hat die Ordnungszahl 6 und damit je sechs Protonen und Elektronen. Zwei der Elektronen befinden sich in der ersten Elektronenschale (K-Schale), die vier anderen in der zweiten Schale (L-Schale), das heißt, das C-Atom ist vierwertig und kann zu vier Nachbaratomen Bindungen herstellen. Es gibt insgesamt drei mögliche Bindungsstrukturen.

1.1 Diamant-ähnlich

Bei der diamant-ähnlichen Struktur ist das C-Atom zu vier anderen Atomen über Einfachbindungen verbunden. Die vier Einfachbindungen stoßen sich aufgrund ihrer Ladung ab, sodass sie die größtmöglichen Abstände voneinander haben. Die vier gebundenen Atome bilden daher einen Tetraeder, in dessen Mittelpunkt das C-Atom sitzt. Der Winkel, den zwei Bindungen untereinander bilden, ist jeweils $109,5^\circ$. Diese Bindungen sind räumlich, also in 3 Dimensionen

1.2 Graphit-ähnlich

Bei der graphit-ähnlichen Struktur ist das C-Atom zu drei anderen Atomen in einer Ebene verbunden, zu zweien über Einfachbindungen und zum anderen über eine Doppelbindung. Diese Bindungen stoßen sich ebenfalls ab, sodass sie die größtmöglichen Abstände voneinander haben. Die drei gebundenen Atome bilden daher ein Dreieck. Der Winkel, den zwei Bindungen jeweils untereinander bilden, ist 120° . Im Gegensatz zur Diamant-Struktur liegen hier alle Atome in einer Ebene, also in 2 Dimensionen.

1.3 Dreifachbindungen

Man kann auch Moleküle mit Dreifachbindungen zwischen zwei C-Atomen finden. Ein einfaches Beispiel ist das Gas Ethin ($HC \equiv CH$). Diese Dreifachbindungen bilden nur lineare Strukturen und sind für das Thema nicht allzu relevant, sodass sie hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

2 Formen der Kohlenstoffs

Aus den Diamant- und Graphit-Bindungsstrukturen lassen sich drei verschiedene Modifikationen bilden. Hierbei ist zu erwähnen, dass für diese Modifikationen (fast)¹ ausschließlich Kohlenstoff-Atome verwendet werden, die regelmäßige Muster bilden.

¹Es gibt natürlich immer Verunreinigungen

2.1 Diamant

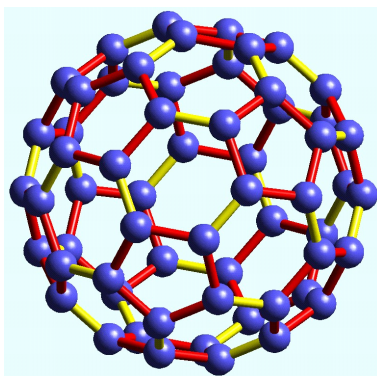
Beim Diamanten wird, wie der Name schon sagt, die Diamantbindungsstruktur verwendet. Er besteht (fast) nur aus Kohlenstoff-Atomen. Daher sind die Atome in einer regelmäßigen Tetraederstruktur angeordnet. Diamant ist ein sehr hartes Material. Da sich die Elektronen nicht von den Atomen entfernen können, ist der Diamant ein Nichtleiter und durchsichtig.

2.2 Graphit

Hier werden Kohlenstoff-Atome nach der ebenen Graphitstruktur gebunden. In größerem Zusammenhang gesehen bilden die Atome ein regelmäßiges Gitter aus Sechsecken, bei denen sich in einem Sechseck jeweils zwei delokalisierte Elektronen befinden. Der Abstand zwischen zwei C-Atomen beträgt 139pm . Da bei der Graphit-Struktur alle Atome in einer Ebene liegen, bildet diese Anordnung ebenfalls Ebenen, welche untereinander dann mit Van-der-Waals -Kräften verknüpft werden. Die delokalisierten Elektronen können sich in der Ebene bewegen. Daher ist Graphit ein undurchsichtiger Leiter.

2.3 Fullerene

Fullerene verwenden wie Graphit die ebene Graphitbindungsstruktur. Allerdings bilden die Atome nicht nur Sechs- sondern teilweise auch Fünfecke. Daraus ergibt sich eine räumliche Struktur. Das bekannteste Fulleren ist das Buckminster-Fulleren C_{60} , aufgrund seines Aussehens auch Fußballmolekül genannt. Es besteht aus 60 C-Atomen, die in 12 Fünf- und 20 Sechsecken angeordnet sind. Benannt wurde es nach dem Architekten Buckminster Fuller, der des öfteren C_{60} -ähnliche Kuppeln baute. Auf dem Bild symbolisieren die gelben Verbindungen C=C Doppelbindungen, die roten C-C Einfachbindungen.



Bildautor: Boris Pevzner. MIT, Cambridge, US

3 Nanoröhren

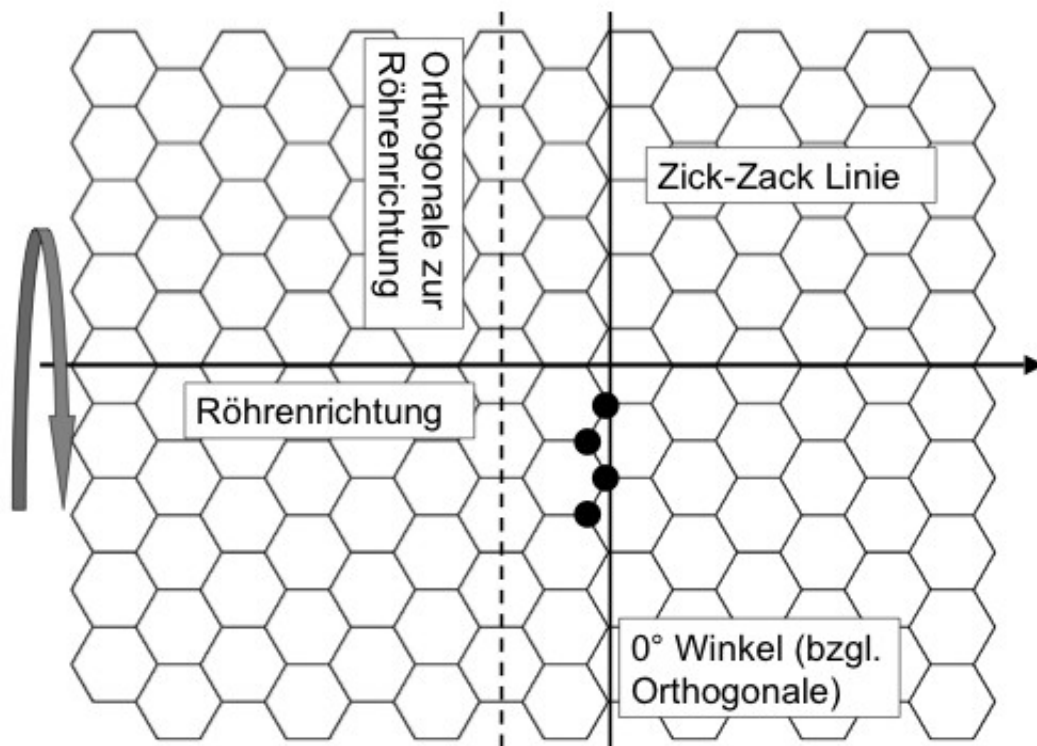
Nanoröhren wurden 1991 von Sumio Iijima entdeckt, er entdeckte allerdings nur mehrwandige Röhren, einwandige wurden erst zwei Jahre später entdeckt. Einwandige Nanoröhren haben einen Durchmesser von ca. $1,2\text{nm}$ ($= 1,2 \cdot 10^{-9}\text{m}$). Sie sind elektrisch leitend und ca. 5mm lang.

3.1 Aufbau

Nanoröhren bestehen, ähnlich wie Graphit, aus einem regelmäßigen Sechseckmuster, mit zwei delokalisierten Elektronen in den Sechsecken. Zwecks Vereinfachung wurden diese delokalisierten Elektronen in den folgenden Zeichnungen nicht mit eingezeichnet. Im Gegensatz zum Graphit ist diese Ebene nicht wirklich eben, sondern leicht gekrümmt, sodass die Sechseckebene zu einer Röhre zusammengefügt werden kann. Je nachdem, wie das Gitter gerollt wurde, erhält man drei verschiedene Typen:

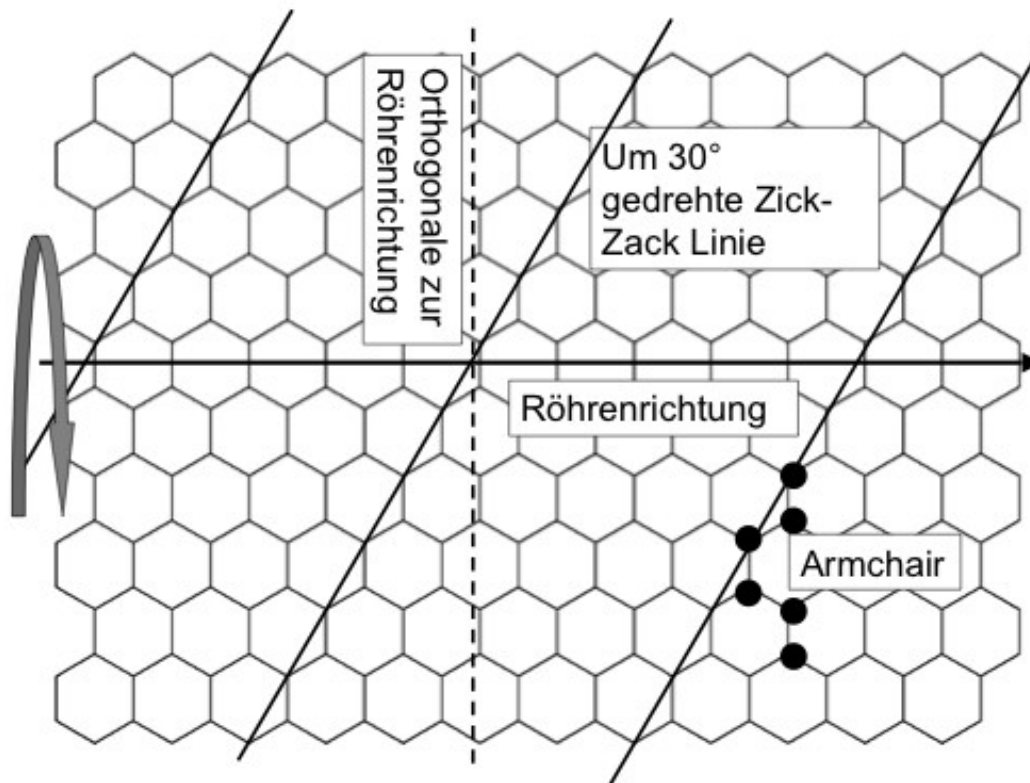
3.1.1 Zick-Zack Struktur

Die Zick-Zack Röhre ist in erster Linie daran zu erkennen, dass die C-Atome entlang einer Linie, die orthogonal zur Röhrenrichtung verläuft, eine Zick-Zacklinie bilden, auf dem Bild an den schwarzen Punkten zu erkennen. Die C-C Bindungen verlaufen entweder schräg (im 60° -Winkel) oder parallel zur Röhrenrichtung.



3.1.2 Armchair Struktur

Die Armchair Röhre ist in erster Linie daran zu erkennen, dass die C-Atome entlang einer Linie, die orthogonal zur Röhrenrichtung verläuft, eine Linie bilden, die entfernt an einen (hier auf der Seite stehenden) Sessel (=Armchair) erinnert, auf dem Bild an den schwarzen Punkten zu erkennen. Die C-C Bindungen verlaufen entweder schräg (im 60° -Winkel) oder senkrecht zur Röhrenrichtung. Im Vergleich zum Bild der Zick-Zack Röhre wurde bei dem Bild der Armchair Röhre der Hintergrund und die Zick-Zack Linie um genau 30° nach rechts gedreht. Man hätte einen ähnlichen Effekt erzielen können, wenn man die Röhrenrichtung und ihre Orthogonale nach links gedreht, den Hintergrund aber belassen hätte. Auch dann hätte man Armchair Linien sehen können, die parallel zur dann schräg zum Blatt Orthogonale verlaufen würden.



Bildquelle: selbstgezeichnet, Hintergrundgitter aus <http://mrsec.wisc.edu/Edetc/cineplex/nanotube/graphene.pdf>

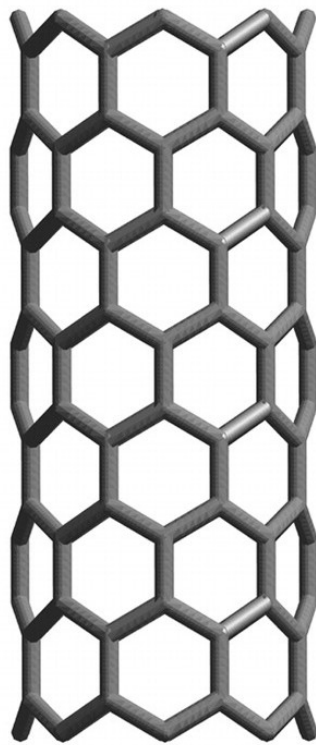
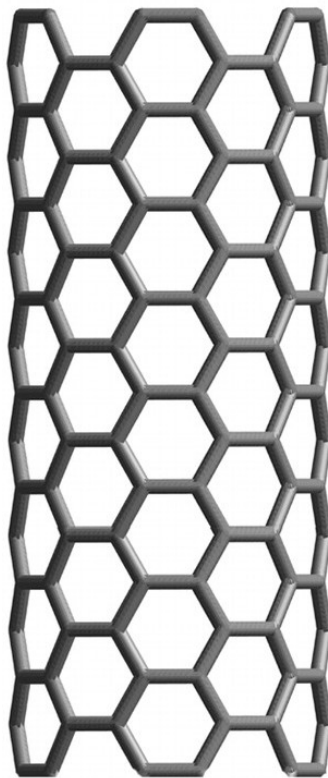
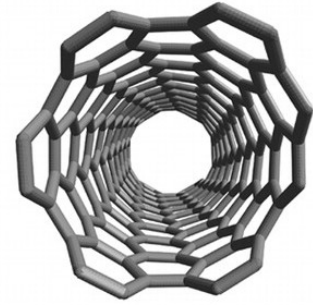
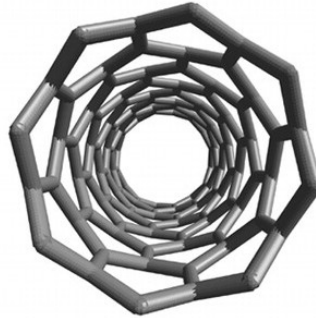
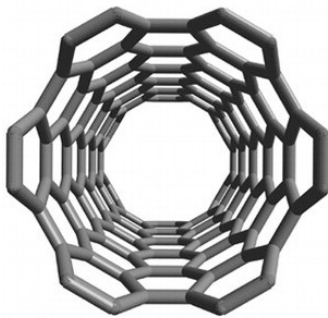
3.1.3 Chiral Struktur

Chiralen Röhren lassen sich ähnlich wie Armchair Röhren aus der Zick-Zack Röhre erzeugen. Nur wird bei einer chiralen Röhre nicht um 30° , sondern um einen Winkel zwischen 0° und 30° gedreht.

Dieses Bild zeigt alle drei Typen zusammen, mit einem speziellem Beispiel einer chiralen Röhre.

einige Bindungen ver-
laufen orthogonal zur
Röhrenrichtung

einige Bindungen
verlaufen parallel zur
Röhrenrichtung



armchair

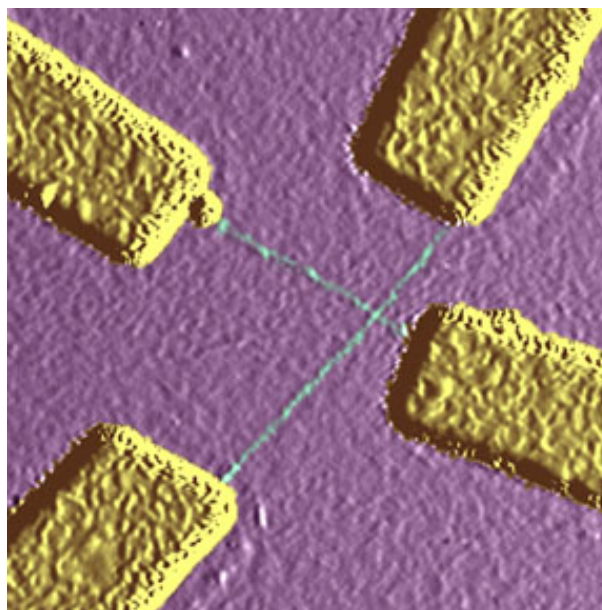
zigzag

chiral

An den Enden können Nanoröhren zum Beispiel mit halbierten Fullerenen abgeschlossen werden. Die verschiedenen Formen unterscheiden sich in ihren elektrischen und mechanischen Eigenschaften. Dies ist allerdings noch Gegenstand der aktuellen Forschung

3.2 Anwendungen

Nanoröhren können in elektrischen Schaltungen eingesetzt werden. Dabei werden Nanoröhren ca. 10 Nanometer über einer Metallelektrode aufgehängt. Die Aufhängung selber ist auch leitend. Somit werden Aufhängung, Nanoröhre und Elektrode zu einem winzigen (ca. 150 Nanometer groß), mechanischen Schalter. In der beschriebenen Lage ist er ausgeschaltet. Um ihn einzuschalten, wird die Konstruktion von einem elektrischen Feld durchsetzt; dieses lässt die Nanoröhren absinken und der Stromkreis schließt sich. Um ihn wieder auszuschalten, muss das elektrische Feld nur umgepolt werden. Kombiniert man viele dieser Schalter, kann man zum Beispiel durch die Lage der Schalter viele Einsen und Nullen und so Daten speichern. Nanoröhren können nicht nur in Schaltern, sondern auch als sehr dünne Leitungen verwendet werden. Das folgende Bild zeigt einige konventionelle Goldleiter und Nanoröhren als Leiter (grün). Die Größe der Goldleiter entspricht etwa 100nm .



Bildquelle: <http://www.physics.umd.edu/condmat/mfuehrer/images/crossafmsmall.jpg>

Nanoröhren werden auch in Kunststoffe eingelagert um sie elektrisch leitend zu machen. Besonderer Vorteil dabei ist, dass der Kunststoff nicht wie ein Metall in allen Richtungen leitend ist, sondern dass der Strom innerhalb des Kunststoffes nur geradlinig geleitet wird.

Allgemein ist zu sagen, dass auf dem Bereich der Nanotechnologie noch viel geforscht wird und man in Zukunft sicher noch weitere Anwendungen und Herstellungsverfahren erwarten kann.

4 Anhang

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die unten angegebenen Quellen verwendet habe. Ich versichere, dass ich alle sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche sichtbar gemacht habe.

17. Januar 2006, Jonathan Meier

4.1 Quellen

- Brockhaus Enzyklopädie (siebzehnte Auflage, 1970), Stichwort Kohlenstoff
- <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kohlenstoff&oldid=12482491>)²
- Nanotubes and Other Forms of Carbon, George Lisensky, Beloit College, <http://mrsec.wisc.edu/Edetc/cineplex/nanotube/text.html> (Stand: 14. Januar 2006)
- Manuel DaSilva, Purdue University, <http://materials.ecn.purdue.edu/~mdasilva> (Stand: 14. Januar 2006)
- Physical Properties of Carbon Nanotubes, Thomas A. Adams II, <http://www.pa.msu.edu/cmp/csc/ntproperties/main.html> (Stand: 14. Januar 2006)
- Simplifying Carbon Nanotube Identification, R. Bruce Weisman, The Industrial Physicist, February/March 2004, Seite 24-27, American Institute of Physics
- Nanotubes in the Clean Room, Charles M. Lieber, Scientific American, February 2005, Seite 66-69

²Dieser Wikipedia-Link verweist auf die von mir verwendete Version, daher das "oldid=???"